



Università di Genova

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA**

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE GEOLOGICHE

*Analisi e inventario delle pericolosità naturali recenti e indagini sulla
percezione del rischio tra la popolazione del Comune di Genova*

Relatori:

*Prof. Francesco Faccini
Prof. Fabrizio Bracco
Ing. Lucia Mortara*

Candidato:

Fabio Pezzini

Correlatore:

Prof. Simone Barani

Anno accademico 2025/2026

Indice dei contenuti

1. Introduzione	5
2. Inquadramento geografico del Comune di Genova	7
3. Inquadramento litologico del Comune di Genova	8
3.1 Anfiteatro di Genova	8
4. Inquadramento meteo-idrologico	12
4.1 Analisi meteo-climatica	12
4.2 Analisi idrologica	19
4.2.1 Bacino del torrente Branega	19
4.2.2 Bacino del torrente San Pietro	20
4.2.3 Bacino del torrente Varenna	21
4.2.4 Bacino del torrente Chiaravagna	22
4.2.5 Bacino del torrente Polcevera	23
4.2.6 Bacino del torrente Bisagno	24
4.2.7 Bacino del torrente Sturla	25
4.2.8 Bacino del torrente Nervi	26
5. Inquadramento geomorfologico	27
5.1 Processo gravitativo	28
5.1.1 Fattori predisponenti	30
5.1.2 Fattori innescanti	30
5.1.3 Relazione litologia-frane	31
5.2 Processo fluviale	32
5.3 Carsismo	33
5.4 Forme costiere	36
5.5 Forme antropiche	37
5.6 Uso del suolo	40
6. Metodologie di lavoro e strumenti	44
6.1 Protezione Civile e Piano di Protezione Civile Comunale	44
6.2 Pericolosità e rischio	45
6.2.1 Rischio reale: censimento eventi 1990-oggi	46
6.2.2 Rischio percepito: questionario di percezione del rischio	72
7. Conclusioni	77
8. Bibliografia	79
9. Sitografia	85
10. Appendici	86

Indice delle figure

Figura 1: La Regione Liguria e la delimitazione del Comune di Genova (Brandolini et al., 2012).	7
Figura 2: Carta Geologica sc. 1:50.000 foglio CARG 213-230 “Genova” (Ispra progetto CARG).	9
Figura 3: Carta geologica Comunale (Geoportale Comune di Genova).	11
Figura 4: Ubicazione delle tre stazioni meteorologiche prese in considerazione sul territorio comunale (Piana e Mangano, 2020).	12
Figura 5: Precipitazione annuale alla stazione di Fiorino dal 1921 al 2021 (Arpal).	13
Figura 6: Andamento dei giorni piovosi alla stazione di Fiorino dal 1920 al 2021 (Arpal).	14
Figura 7: Precipitazione annuale alla stazione di Via Balbi dal 1833 al 2024 (Arpal).	14
Figura 8: Andamento dei giorni piovosi alla stazione di Via Balbi dal 1833 al 2024 (Arpal).	15
Figura 9: Precipitazione annuale alla stazione di Sant’Ilario dal 1939 al 2023 (Arpal).	15
Figura 10: Andamento dei giorni piovosi alla stazione di Sant’Ilario dal 1939 al 2023 (Arpal).	16
Figura 11: Temperatura media annuale dell’aria alla stazione di Via Balbi dal 1883 al 2023 (Arpal).	17
Figura 12: Precipitazione massima oraria anno per anno alla stazione di Fiorino dal 1960 al 2023 (Arpal).	17
Figura 13: Precipitazione massima in 12 ore anno per anno alla stazione di Fiorino (Arpal).	18
Figura 14: Precipitazione massima in 24 ore anno per anno alla stazione di Fiorino dal 1960 al 2023 (Arpal).	18
Figura 15: Bacino del torrente Branega.	19
Figura 16: Bacino del torrente San Pietro.	20
Figura 17: Bacino del torrente Varenna.	21
Figura 18: Bacino del torrente Chiaravagna.	22
Figura 19: Bacino del torrente Polcevera.	23
Figura 20: Bacino del torrente Bisagno.	24
Figura 21: Bacino del torrente Sturla.	25
Figura 22: Bacino del torrente Nervi.	26
Figura 23: Carta geografica fisica della Regione Liguria (Ferrando et al., 2023).	27
Figura 24: Percentuale delle frane suddivise per tipologia di movimento nel Comune di Genova (Gorziglia et al., 2006).	29
Figura 25: Visuale delle cave del monte Gazzo poste in sponda destra del torrente Chiaravagna (Wikipedia).	34
Figura 26: Ingresso di una grotta ancora parzialmente intatta ubicata sul lato sud est del monte Gazzo (Gestionale Speleologico Ligure).	35
Figura 27: Ingresso della “Grotta della Dragonara”(Gestionale Speleologico Ligure).	35
Figura 28: Falesia presso la passeggiata di Genova Nervi (La Repubblica).	37
Figura 29: Immagine storica che mostra il colle di San Benigno ancora “intatto”.	38
Figura 30: Delimitazione del bacino idrografico dei corsi d’acqua del centro storico di Genova (Lanza, 2003).	39
Figura 31: Reticolo idrografico dell’anfiteatro morfologico di Genova (Geoportale regione Liguria).	40
Figura 32: La diffusa urbanizzazione che interessa la parte finale della piana alluvionale del torrente Bisagno (Google Earth).	41
Figura 33: Terrazzamenti nel Comune di Genova (Wikipedia).	42
Figura 34: Carta relativa all’uso del suolo nel territorio comunale (Geoportale Regione Liguria).	43
Figura 35: Eventi franosi all’interno del Comune di Genova suddivisi per bacino idrografico.	47
Figura 36: Smottamento di natura complessa presso il bacino del torrente Chiaravagna (Piano di bacino, stralcio per l’assetto idrogeologico del torrente Chiaravagna).	48
Figura 37: Scivolamento superficiale presso il sottobacino Trensasco-Moinasso (Piano di bacino, stralcio per l’assetto idrogeologico del torrente Bisagno).	49
Figura 38: Frana di crollo di via Posalunga a Genova avvenuta il 24 dicembre 2022 (Il Secolo XIX).	49
Figura 39: Allagamenti a Genova a seguito dell’episodio alluvionale del 27 settembre 1992.	51
Figura 40: Automobili accatastate dalla piena del torrente Molinassi a Sestri Ponente - 4 ottobre 2010.	52
Figura 41: L’ esondazione del torrente Fereggiano il 4 novembre 2011.	53
Figura 42: L’esondazione del torrente Bisagno il 9 ottobre 2014.	54
Figura 43: Quantitativi pluviometrici cumulati in 36 ore tra 15 e 16 novembre 2014 in Liguria. Da notare l’enorme estensione dell’areale interessato da accumuli > 100 mm (ARPAL, Rapporto di evento meteorologico del 15/11/2014).	55

Figura 44: Numero di incendi in Liguria anno per anno dal 1987 al 2022 (Regione Liguria, 2024, Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi).	57
Figura 45: Numero di incendi per ogni mese nel Comune di Genova nel periodo 1987-2022 (Regione Liguria, 2024, Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi).	58
Figura 46: Intenso ed esteso fronte di fuoco - 24 agosto 2016.	59
Figura 47: Sole schermato dalla coltre di fumo - 24 agosto 2016.	59
Figura 48: Vasto incendio sulle pendici del monte Fasce estremamente vicino alle prime abitazioni - 7 settembre 2016.	60
Figura 49: Incendio sul monte Fasce a poca distanza dall'autostrada - 16 gennaio 2017.	61
Figura 50: Incendio tra le alture di Nervi e Apparizione - 16 gennaio 2017.	61
Figura 51: Incendio di interfaccia molto pericoloso in prossimità delle abitazioni di Pegli alta - 17 gennaio 2017.	62
Figura 52: Roghi sul versante compreso tra Granarolo e il Lagaccio - 9 agosto 2017.	63
Figura 53: Particolare della precedente immagine - 9 agosto 2017.	63
Figura 54: Incendio di interfaccia sulle alture di Vesima - 4 settembre 2017.	64
Figura 55: Il rogo sviluppatosi sulle primissime alture di Prà - 17 agosto 2021.	65
Figura 56: Fiamme in strada in via Martiri del Turchino a Prà - 17 agosto 2021.	65
Figura 57: Esteso e intenso incendio sul monte Timone - 14-15 luglio 2022.	66
Figura 58: Danni sul litorale genovese a seguito di mareggiata - 29-31 ottobre 2008.	68
Figura 59: Previsioni meteomarine per la sera del 29 ottobre 2018 e la notte successiva. A sinistra altezza d'onda significativa, a destra il periodo d'onda (ARPAL, Rapporto di evento meteo idrologico del 27-30/10/2018).	69
Figura 60: Classificazione sismica della Liguria (Regione Liguria).	70
Figura 61: Localizzazione degli eventi sismici dal 1982 al 2022 (Distav, Rete Sismica regionale dell'Italia nord-occidentale).	71
Figura 62: Risposte relative a "Titolo di studio". In giallo la colonna dei diplomati di scuola superiore (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).	73
Figura 63: Risposte relative a "Professione". In blu la colonna relativa ai dipendenti del Comune di Genova, risposta prevalente (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).	73
Figura 64: Percezione della probabilità di accadimento per ogni rischio naturale (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).	74
Figura 65: Percezione delle conseguenze per ogni rischio naturale (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).	75
Figura 66: Risposte relative alle fonti informative. In rosso la colonna relativa alla dicitura "la conosco ma non la uso mai" per il canale Telegram (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).	76
Figura 67: Risposte relative alle fonti informative. In verde scuro la colonna relativa alla dicitura "la uso spesso" per i pannelli a messaggio variabile (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).	76

1. Introduzione

Il bacino del Mediterraneo è storicamente caratterizzato da fenomeni meteorologici di elevata intensità, che si traducono frequentemente in manifestazioni al suolo quali alluvioni, inondazioni, frane e incendi. È ampiamente riconosciuto che i cambiamenti climatici in atto stiano determinando una progressiva intensificazione degli eventi estremi alle medie latitudini, con dinamiche talvolta assimilabili a processi di “tropicalizzazione” delle precipitazioni (IPCC, 2007). Eventi piovosi brevi ma particolarmente intensi interrompono sempre più spesso lunghi periodi di siccità, generando condizioni favorevoli all’innescio di processi geomorfologici sia lungo i versanti sia all’interno della rete idrografica (Crosta e Frattini, 2000; Luino, 2005; Jakob e Lambert, 2009).

In questo contesto la Liguria e, in particolare, il Comune di Genova, rappresentano un caso emblematico di territorio esposto a rischio geo-idrologico, in cui la combinazione tra fattori naturali e pressioni antropiche gioca un ruolo determinante (Brandolini et al., 2012; Buzzi et al., 2014). La peculiare configurazione geografica dell’area, soggetta a precipitazioni intense e di breve durata associate alle dinamiche depressionarie del Golfo di Genova (Trigo et al., 1999), si combina con una struttura morfologica caratterizzata da bacini idrografici di ridotta estensione e versanti acclivi direttamente connessi alla fascia costiera.

A tali elementi si aggiunge uno sviluppo urbano storicamente concentrato nelle pianure alluvionali e nei fondivalle, che non sempre ha tenuto adeguatamente conto delle caratteristiche geologiche e idro-geomorfologiche del territorio. Le trasformazioni antropiche avviate a partire dal XIX secolo, tra cui la progressiva canalizzazione e copertura dei corsi d’acqua, il restringimento delle sezioni fluviali e la saturazione degli spazi disponibili nelle aree di pertinenza fluviale, hanno contribuito ad accrescere la vulnerabilità del sistema territoriale, amplificando gli effetti degli eventi meteorologici intensi (Acquaotta et al., 2019). L’area urbana prossima alla costa risulta pertanto interessata da un elevato rischio geo-idrologico associato ai frequenti eventi pluviometrici di forte intensità (Brandolini et al., 2012; Paliaga et al., 2019c; Palla et al., 2018).

All’interno del territorio comunale si individuano sette bacini idrografici di dimensioni superiori ai 10 km², tra cui quello del torrente Bisagno, frequentemente citato in letteratura quale caso rappresentativo di criticità geo-idrologica a scala nazionale e regionale (Cevasco et al., 2012; Kelsch et al., 2001). Tuttavia, anche altri bacini del territorio genovese evidenziano condizioni di significativa vulnerabilità, in particolare laddove i processi di urbanizzazione hanno inciso in maniera marcata sugli equilibri idro-geomorfologici originari (si può citare il bacino del torrente Chiaravagna e nella fattispecie il suo tratto terminale che attraversa il quartiere di Sestri Ponente).

Alla luce di tale contesto, il presente lavoro di tesi si propone di analizzare il rischio naturale nel territorio del Comune di Genova attraverso un approccio integrato che distingue tra rischio reale e rischio percepito.

La prima parte dello studio è dedicata alla valutazione del rischio reale, inteso come analisi oggettiva dei principali rischi naturali che interessano il territorio comunale (frane, alluvioni, incendi, mareggiate e sismicità) mediante il censimento degli eventi occorsi nel periodo 1990–2025 e la valutazione dei loro effetti su insediamenti, infrastrutture e popolazione residente. L’intervallo temporale considerato è stato selezionato in quanto, secondo i rapporti dell’IPCC, a partire dagli anni ’80 e in modo più marcato dagli anni ’90 si è registrata un’accelerazione degli effetti del cambiamento

climatico nel bacino del Mediterraneo, descritto come area particolarmente sensibile (“hot spot”) rispetto alle regioni circostanti.

La seconda parte del lavoro si concentra invece sul concetto di rischio percepito, introducendo una dimensione di carattere oggettiva. In tale ambito sono stati analizzati i risultati di un questionario elaborato nel 2020 dalla Protezione Civile, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Formazione (DISFOR) e il Dipartimento di Scienze della Terra, dell’Ambiente e della Vita (DISTAV), volto a indagare il grado di consapevolezza e percezione dei rischi naturali da parte della popolazione genovese. Il questionario si articola in tre sezioni: una componente socio-anagrafica, una sezione relativa ai rischi naturali che interessano il territorio comunale e una parte dedicata alle modalità di comunicazione del rischio adottate dalla Protezione Civile.

L’integrazione tra l’analisi oggettiva degli eventi e lo studio della percezione del rischio consente di evidenziare eventuali discrepanze tra dimensione fisica del fenomeno e consapevolezza sociale, offrendo elementi utili per una più efficace pianificazione territoriale e per il miglioramento delle strategie di comunicazione e gestione del rischio.

2. Inquadramento geografico del Comune di Genova



Figura 1: La Regione Liguria e la delimitazione del Comune di Genova (Brandolini et al., 2012).

Il territorio del Comune di Genova (**figura 1**) occupa la parte centrale della regione Liguria, situata nell'Italia nord-occidentale. Esso include una superficie di circa 240 km² e si estende principalmente lungo la costa per 30 km (tra le delegazioni di Voltri a ponente e Nervi a levante) e secondariamente lungo le due valli principali dei torrenti Bisagno e Polcevera. Da un punto di vista altimetrico il territorio è delimitato da una fascia collinare e montuosa alpino-appenninica che raggiunge la massima elevazione in corrispondenza del monte Reixa (1183 m slm) nella porzione occidentale e del monte Candelozzo (1034 m slm) nella porzione centro-orientale. Sono presenti diverse piccole valli orientate ortogonalmente alla linea di costa (*Brancucci e Paliaga, 2005*) e ognuna di queste rappresenta un bacino idrografico: esistono dieci bacini idrografici con superfici inferiori a 1 km², la maggior parte dei quali sfocia direttamente nel porto antico, situato sotto l'originario anfiteatro storico di Genova. Altri dieci bacini idrografici hanno una superficie compresa tra 1 e 4 km² e, procedendo da ovest a est, sono: Vesima, San Michele, Sant'Antonio, Molinassi, Cantarena, Priaruggia, Castagna, Bagnara, San Pietro e Murcarolo. Aumentando ulteriormente l'estensione (superfici comprese tra 4 e 10 km²) si possono considerare tre bacini che procedendo da ovest verso est sono: Branega, San Pietro e Nervi. Altri cinque bacini (Cerusa, Leiro, Varenna, Chiaravagna e Sturla) presentano invece un'estensione superiore ai 10 km². Il bacino del Bisagno si estende per 95 km² mentre il bacino del Polcevera infine ha un'estensione pari a 140 km². Tutti questi corsi d'acqua definiscono pianure alluvionali solo all'interno del settore terminale, vicino all'area dell'estuario. Di tutti questi bacini idrografici, i due più importanti sono il torrente Polcevera, che è il bacino più grande e popoloso, situato a ovest dell'anfiteatro storico, e il torrente Bisagno, che scorre immediatamente a est (*Faccini et al., 2015*).

La lunga ma stretta fascia costiera lascia ben presto il posto ai rilievi dell'immediato entroterra e le uniche fasce pianeggianti da segnalare, seppur ridotte, sono quelle che derivano dai depositi fluviali rilasciati nel corso del Quaternario dai due principali torrenti che attraversano il territorio comunale ovvero il Polcevera e il Bisagno. Su questi lembi di territorio pianeggiante si è sviluppata gran parte

dell'urbanizzazione della città di Genova. Oggigiorno la città ospita uno dei porti più importanti d'Europa e d'Italia e grazie alla sua posizione strategica (...) funge da punto di transito tra il Mar Ligure e importanti aree della Pianura Padana. Di conseguenza, Genova è una delle 10 città metropolitane italiane, con un'area urbana di oltre 500 km² in cui vivono 600.000 abitanti all'interno di un'area metropolitana più estesa, che copre un'area complessiva di 4.000 km² e ospita una popolazione di 1,5 milioni di abitanti, distribuiti nella parte centrale dell'arco costiero ligure (*CityRailways, 2011*).

3. Inquadramento litologico del Comune di Genova

L'intero areale del comune di Genova si caratterizza per la sua complessità geologica ed è considerata una zona di transizione tra la catena Alpina e quella Appenninica (*Chiesa et al., 1975; Cortesogno e Haccard, 1984; Capponi et al., 1994; Crispini e Capponi, 2001; APAT, 2008*). Esso comprende unità tettoniche delle Alpi Liguri che sono state dapprima coinvolte nell'evoluzione alpina a livelli più o meno profondi (dapprima vi fu una fase di iniziale subduzione di unità di crosta oceanica, mantello e margini continentali seguite da fasi di esumazione e impilamento), e che successivamente sono state interessate da una tettonica attribuibile all'evoluzione appenninica (legata alla rotazione antioraria del blocco Sardo-Corso). Infine, una fase post-orogenetica di tettonica fragile portò alla formazione dei sistemi di faglie prevalentemente orientati N-S osservati oggi (*Brandolini et al., 2012*).

La carta geologica ufficiale dell'area genovese è il foglio CARG 213-230 "Genova" (**Figura 2**) realizzato alla scala 1:50.000 e che comprende il territorio tra la città di Genova e la cittadina di Arenzano, dalla costa fino alla latitudine di Busalla (*Capponi et al., 2008*). Queste carte sono essenziali per analizzare l'assetto idrogeologico, la tettonica e la stratigrafia locale e sono state realizzate nell'ambito del progetto CARG (Cartografia Geologica e Geotematica) finalizzato alla creazione di 636 fogli geologici e geotematici alla scala 1:50.000 che andrebbero a completare la copertura dell'intero territorio nazionale.

La porzione più orientale del territorio comunale è tuttavia inclusa all'interno del foglio geologico Chiavari-Recco.

3.1 Anfiteatro di Genova

Nel settore di levante lo spartiacque tra la Val Bisagno e la Val Polcevera si biforca, andando a costituire l'"Anfiteatro di Genova", dove la città storica si è sviluppata nel corso dei secoli (*Brandolini et al., 2018*). L'anfiteatro risulta delimitato dagli spartiacque di Granarolo e del Righi, terrazzati a più quote. La geologia dell'anfiteatro è costituita da una limitata presenza di argilloscisti della Val Polcevera, posti in prossimità della dorsale di Granarolo, e dalla predominanza dei calcari marnosi dell'Antola. Depositi pliocenici di origine marina (argille di Ortovero) occupano invece la parte più depressa dell'anfiteatro di Genova che, in seguito a sondaggi recenti eseguiti per la metropolitana, risultano raggiungere i massimi spessori presso via Balbi e tra l'Acquasola e via Serra. Nei limiti dell'anfiteatro il reticolo idrografico risulta condizionato dall'assetto giaciturale ed è costituito da undici piccoli rivi ad andamento rettilineo e carattere giovanile che presentano una brusca variazione di pendenza non appena vanno ad incidere le marne plioceniche (*Piano Urbanistico Comunale, 2015*).

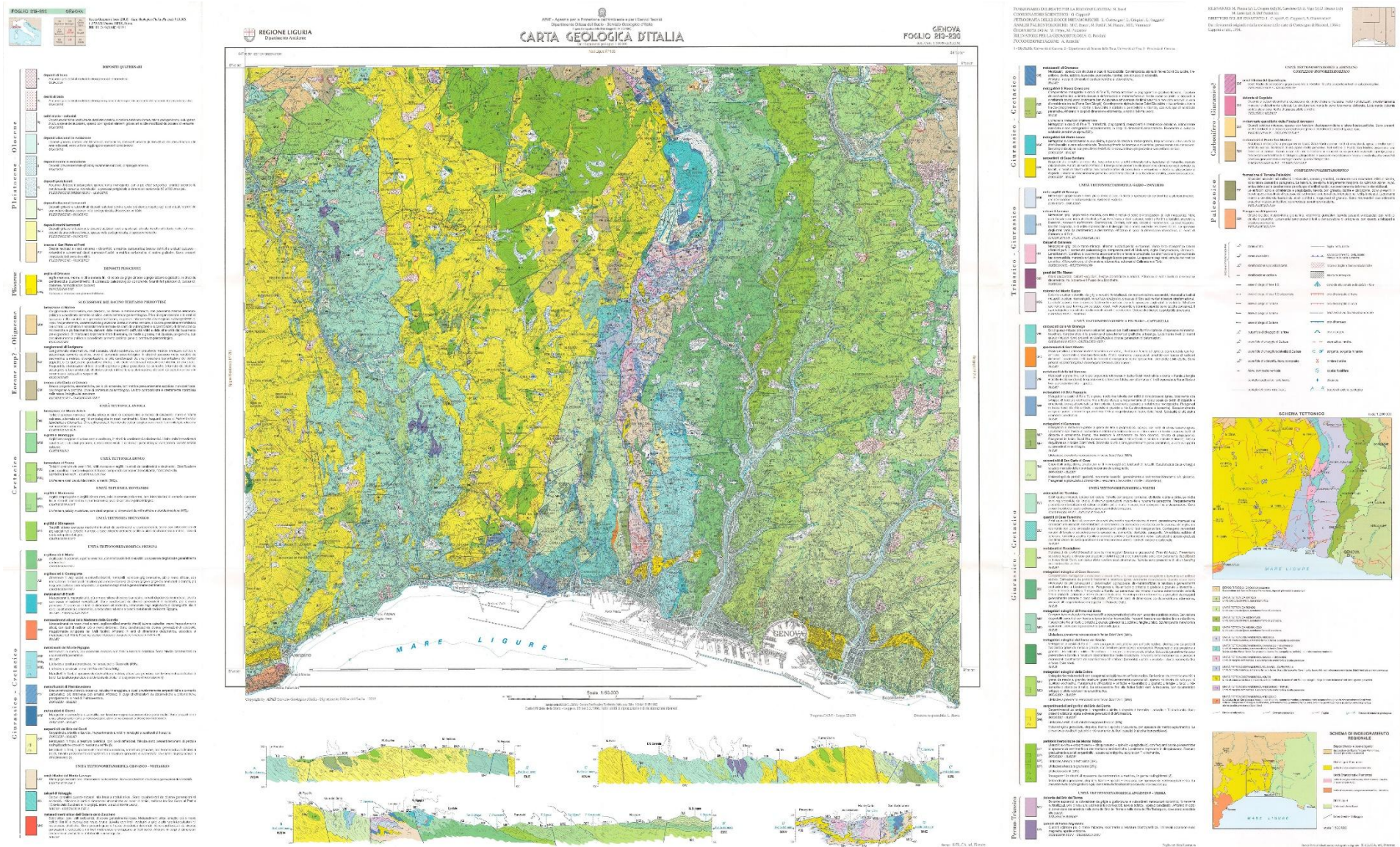
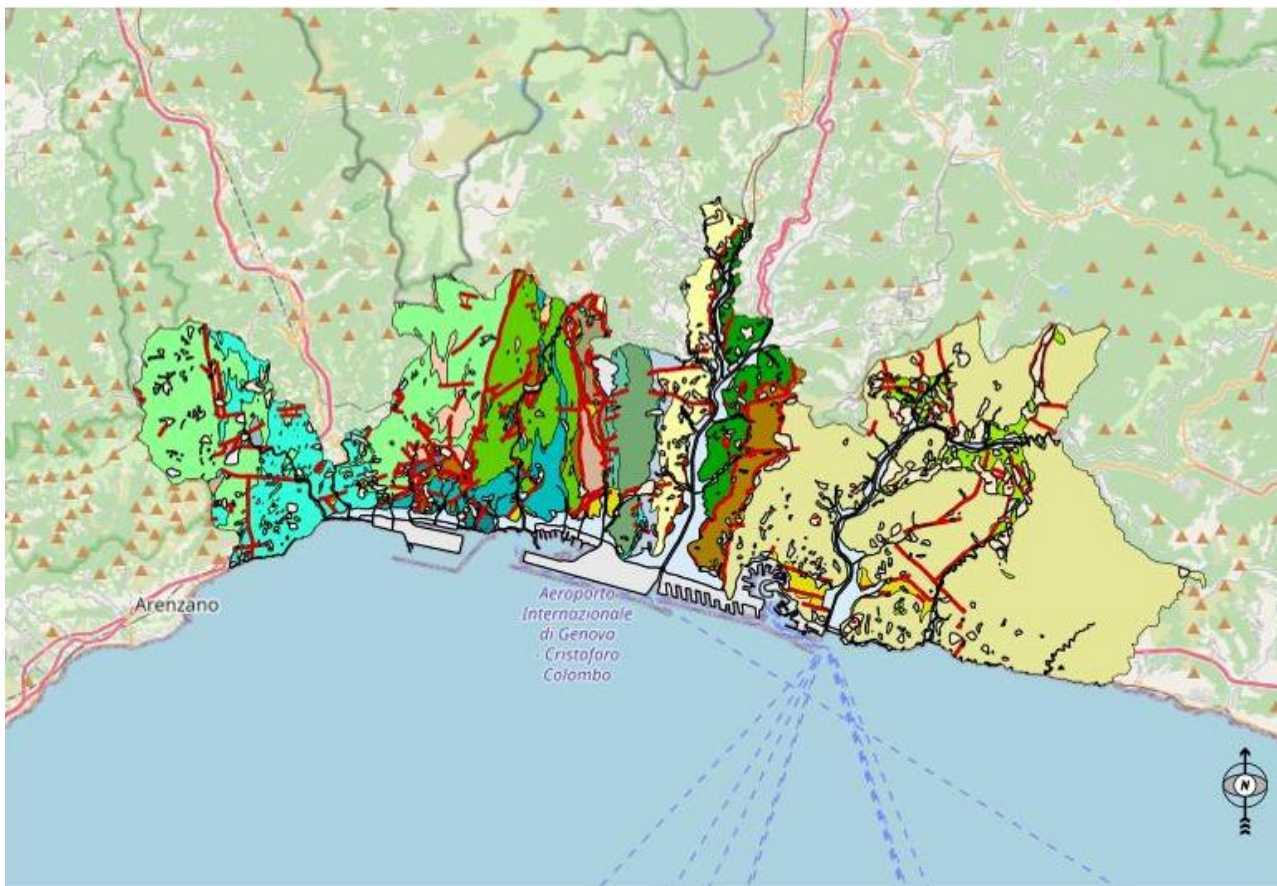


Figura 2: Carta Geologica sc. 1:50.000 foglio CARG 213-230 "Genova" (Ispra progetto CARG).

Da un punto di vista litologico, a partire da Vesima (punto più occidentale del Comune di Genova) fino a Nervi Capolungo (punto più orientale) si riscontra la seguente successione di litotipi (**Figura 3**):

1. **Serpentinoscisti** del Gruppo di Voltri, tra Voltri e Palmaro;
2. **Calcescisti** della Val Branega, tra Palmaro e Sestri Ponente;
3. **Dolomie** del monte Gazzo, **Metabasalti** del monte Figogna e **Metacalcari** di Erzelli, tra Sestri Ponente ed Erzelli;
4. **Argilloscisti** di Murta e di Costagiutta, tra Sestri Ponente e Cornigliano;
5. **Formazione di Ronco** (Torbiditi) e **Formazione del monte Antola** (Torbiditi calcareo-marnose) tra Sampierdarena e Nervi.



GEOLOGIA

- Argillescisti Costagiutta
- Lherzoliti Monte Tobbio
- Dolomie Gazzo
- Metargilliti Bessega
- Serpentiniti Carlo Cese
- Metabasiti Rossiglione
- Calcari Voltaggio
- Formazione Molare
- Calcescisti di Valtri
- Metabasiti Val Varenna
- Argille Ortovero
- Calcari Gallaneto
- Metabasalti Figogna
- Formazione Ronco
- Argilliti Montoggio
- Serpentiniti Bric dei Corvi
- Scisti Filladici Monte Larvego
- Metasedimenti silicei Osteria Zucchero
- Metacalcari Erzelli
- Quarzoscisti S. Alberto
- Metagabbri Colma-Gatto
- Metabasalti Cravasco
- Metagabbri Carpenara
- Metagabbri Faiallo-Buzzano
- Brecce Costa Cravara
- Serpentiniti Bric del Dente
- Metasedimenti silicei Guardia
- Metagabbri Bric Fagaggia
- Calcari Antola
- Brecce S. Pietro ai Prati
- Serpentinoscisti Case Bardane
- Calcescisti Val Branega
- Argilliti Mignanego
- Argilliti Montanesi
- Argillescisti Murta

GEOLOGIA: QUATERNARIO SOVRAIMPOSTO

- Riporti artificiali e discariche - Depositi vari rimaneggiati
- Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare
- Ammassi detritici di falda
- Sedimenti di alveo
- Sedimenti alluvionali
- Sedimenti lacustri
- Sedimenti di spiaggia
- Brecce di San Pietro ai Prati

BASE BIANCO E NERO

V_MUNICIPI_BASE



GEOLOGIA: FAGLIE



Figura 3: Carta geologica Comunale (Geoportale Comune di Genova).

4. Inquadramento meteo-idrologico

La complessità territoriale del comune di Genova, unita alle sue peculiarità climatiche e alla forte urbanizzazione fa sì che esso sia sempre stato particolarmente vulnerabile ai fenomeni atmosferici. Occorre quindi dedicare un approfondimento relativo all'analisi meteo-climatica del territorio per comprendere come si stanno evolvendo i principali parametri atmosferici nel corso del tempo.

4.1 Analisi meteo-climatica

A livello regionale le serie storiche ufficiali di precipitazione e temperatura rappresentative della climatologia ligure sono affidate all'Atlante Climatico della Liguria, il cui scopo è quello di costruire un quadro conoscitivo aggiornato della climatologia, delle precipitazioni e delle temperature nella nostra regione, basato su dati ufficiali e analisi rigorose e che costituisca pertanto una solida base per la pianificazione e la gestione del territorio. L'Atlante è "climatologico" e si basa necessariamente su una selezione ristretta di siti "storici", ovvero con serie di dati sufficientemente lunghe, omogenee ed affidabili da consentire l'analisi climatologica sia di sito singolo che areale.

Entrando nello specifico dell'analisi meteo-climatica oggetto di studio, a questo fine sono stati selezionati i dati provenienti da tre stazioni meteorologiche situate all'interno del territorio comunale (**Figura 4**), scelte in modo da risultare, in relazione alla loro posizione geografica, il più possibile rappresentative delle condizioni climatiche del territorio genovese:

1. **Stazione meteo di Fiorino** (porzione più occidentale del territorio comunale)
2. **Stazione meteo di Via Balbi** (ubicata in pieno centro cittadino)
3. **Stazione meteo di Sant'Ilario** (porzione più orientale del territorio comunale)

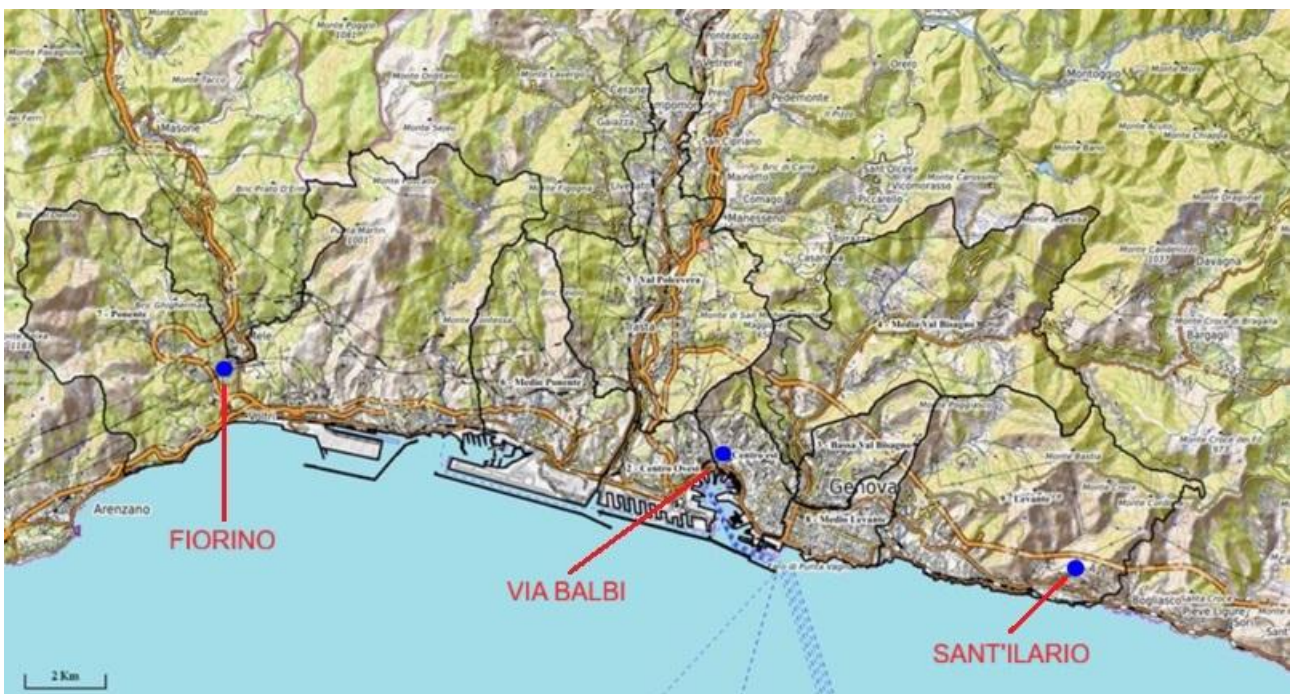


Figura 4: Ubicazione delle tre stazioni meteorologiche prese in considerazione sul territorio comunale (Piana e Mangano, 2020).

I dati relativi alle tre stazioni sopra citate sono stati estrapolati dagli annali idrologici dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA) e dell'ARPAL (Agenzia Regionale per

la Protezione dell'Ambiente Ligure). Dapprima sono stati utilizzati per creare i grafici di pioggia annuale accumulata e andamento dei giorni piovosi anno per anno per ognuna delle stazioni, in modo tale che fosse possibile ottenere confronti interessanti. In seguito, solo per la stazione di Via Balbi, è stato generato un grafico relativo all'andamento della temperatura media dell'aria, poiché per le altre due stazioni i dati disponibili non erano sufficienti. Infine, si è scelto di mostrare ulteriori tre grafici che mostrano i quantitativi pluviometrici accumulati rispettivamente in 1 ora, 12 ore e 24 ore limitatamente alla stazione di Fiorino poiché quest'ultima zona è maggiormente soggetta a fenomeni estremi e da quest'ultima tipologia di grafici ciò risulta ancora più evidente.

Prima di fornire un'interpretazione per questi grafici occorre fornire alcune precisazioni: le due stazioni di Via Balbi e Sant'Ilario sono poste in posizione prettamente costiera mentre la stazione di Fiorino è posta nell'immediato entroterra di Voltri a 244 metri di altezza sul livello del mare. Tuttavia, ciò che rende Fiorino peculiare non è l'altezza bensì la sua posizione in una catena montuosa (Gruppo di Voltri) a picco sul mare che fa sì che la zona risenta in misura molto accentuata di una serie di fenomeni meteorologici che tendono ad esaltare durata e intensità delle precipitazioni, soprattutto nel periodo autunnale. È importante ricordare che, secondo una convenzione meteorologica universalmente accettata, una giornata di pioggia, per essere definita tale, deve vedere la caduta di almeno 1 millimetro di precipitazioni (pioggia o neve fusa) nell'arco delle 24 ore (*Organizzazione Meteorologica Mondiale*). E poiché 1 millimetro di pioggia equivale a 1 litro d'acqua per ogni metro quadrato si tratta di un quantitativo non trascurabile.

Un altro aspetto rilevante risiede nel fatto che via Balbi rappresenta la stazione storica dell'Università di Genova ed è la più longeva in assoluto in quanto raccoglie dati meteo dal 1833; tuttavia anche le stazioni di Fiorino e Sant'Ilario rappresentano serie storiche importanti poiché raccolgono dati rispettivamente dal 1921 e dal 1939. Anche se i dati relativi a diverse annate non sono disponibili è comunque possibile riuscire a ricavare delle tendenze soddisfacenti.

Si procede ora a mostrare e ad analizzare i dati relativi alle tre stazioni sopracitate.

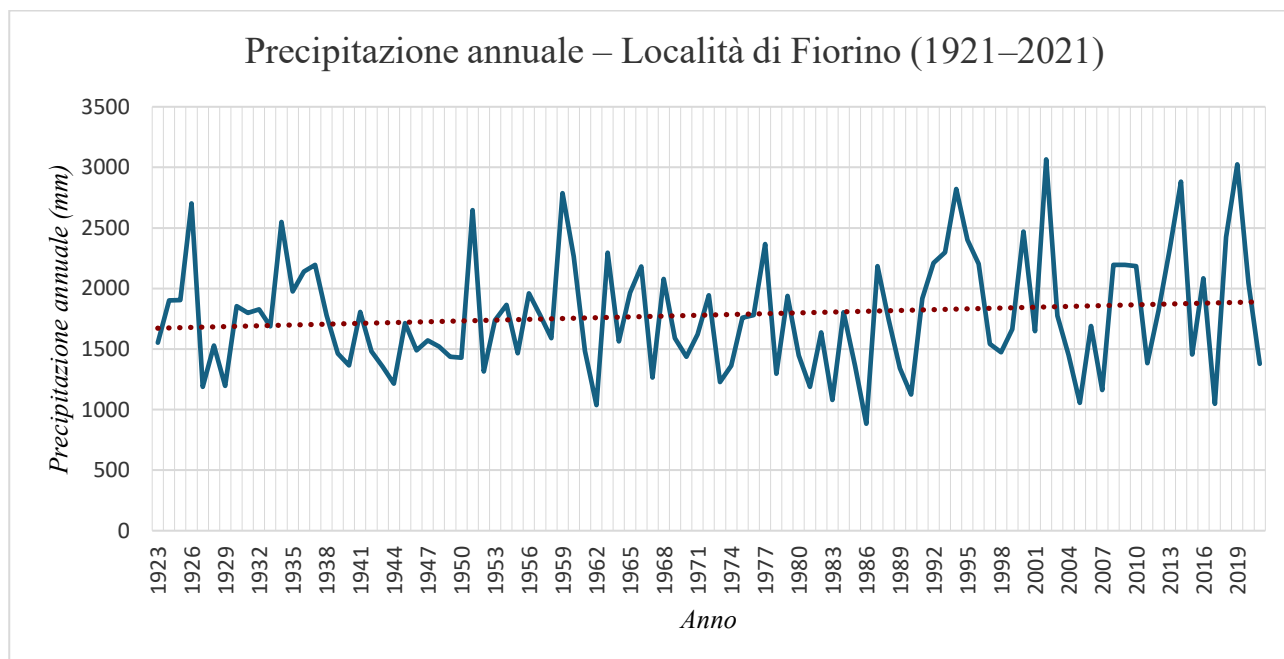


Figura 5: Precipitazione annuale alla stazione di Fiorino dal 1921 al 2021(Arpal).

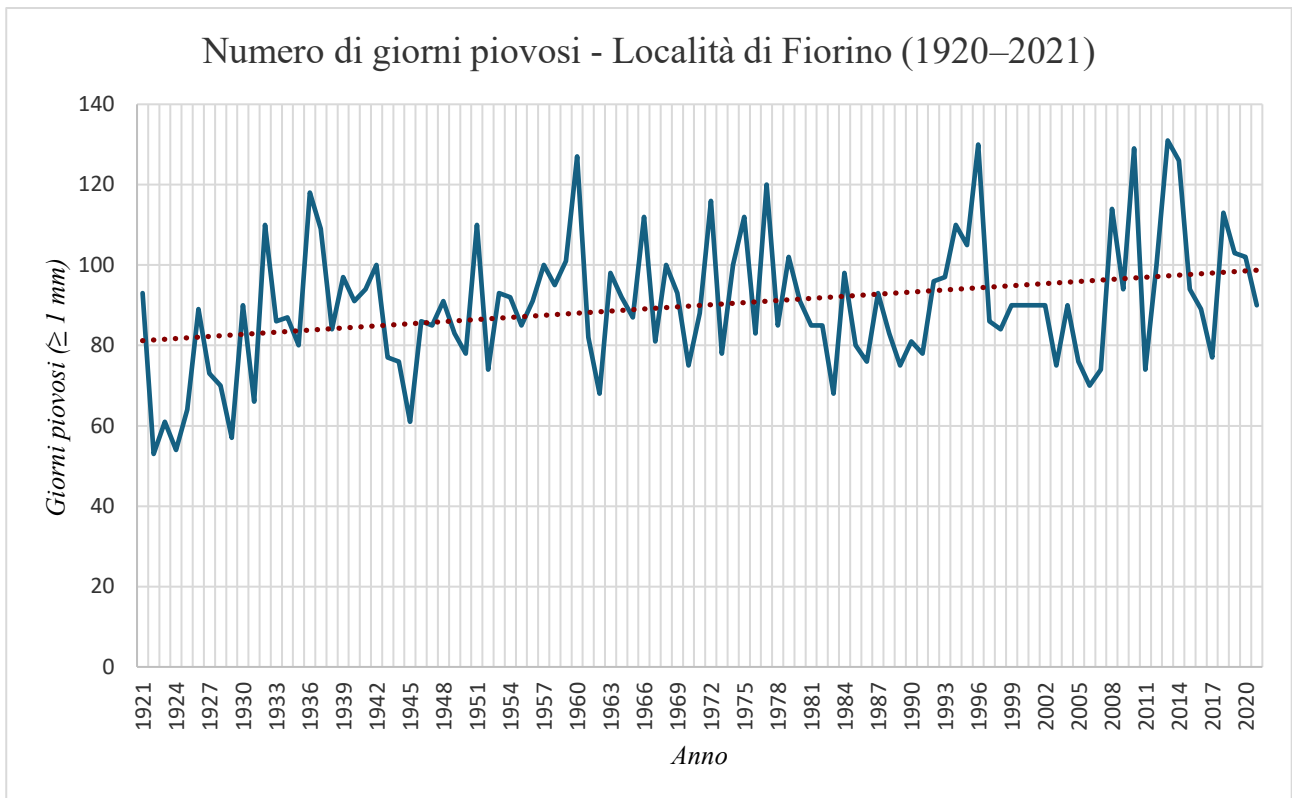


Figura 6: Andamento dei giorni piovosi alla stazione di Fiorino dal 1920 al 2021 (Arpal).

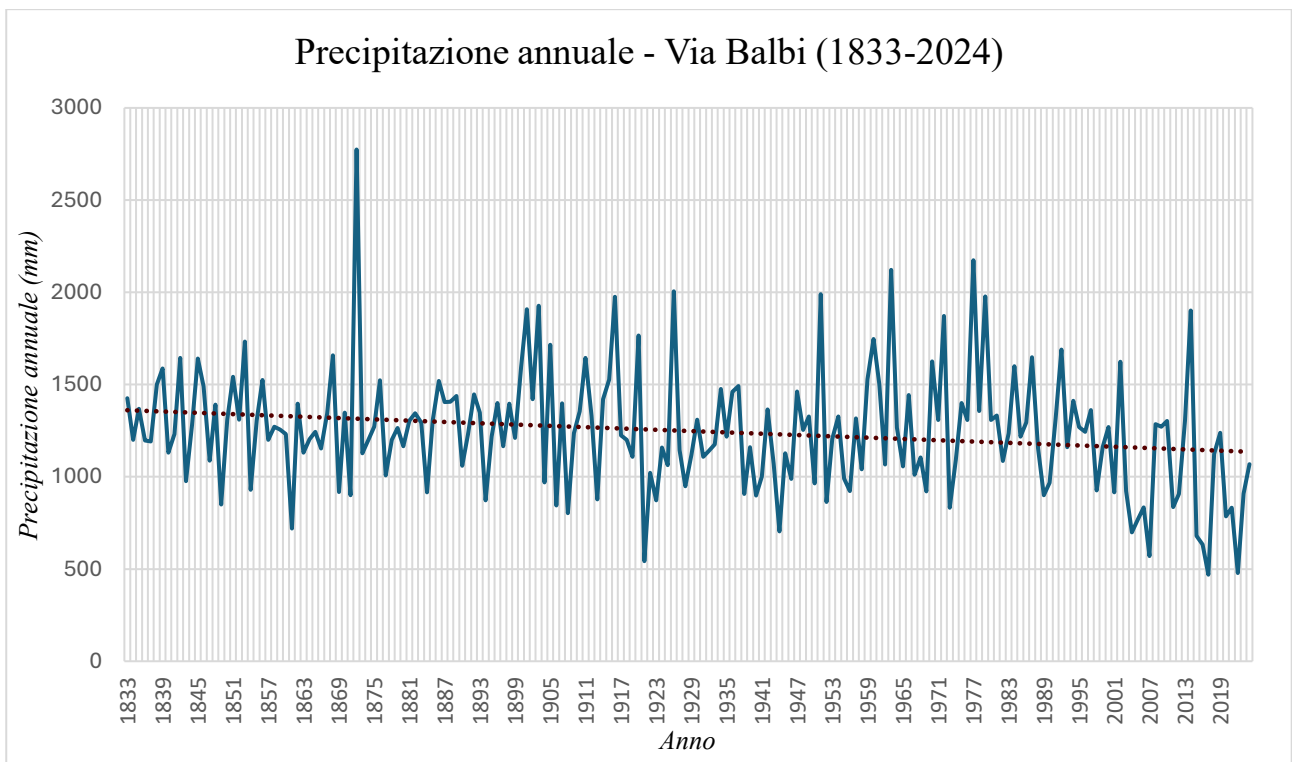


Figura 7: Precipitazione annuale alla stazione di Via Balbi dal 1833 al 2024 (Arpal).

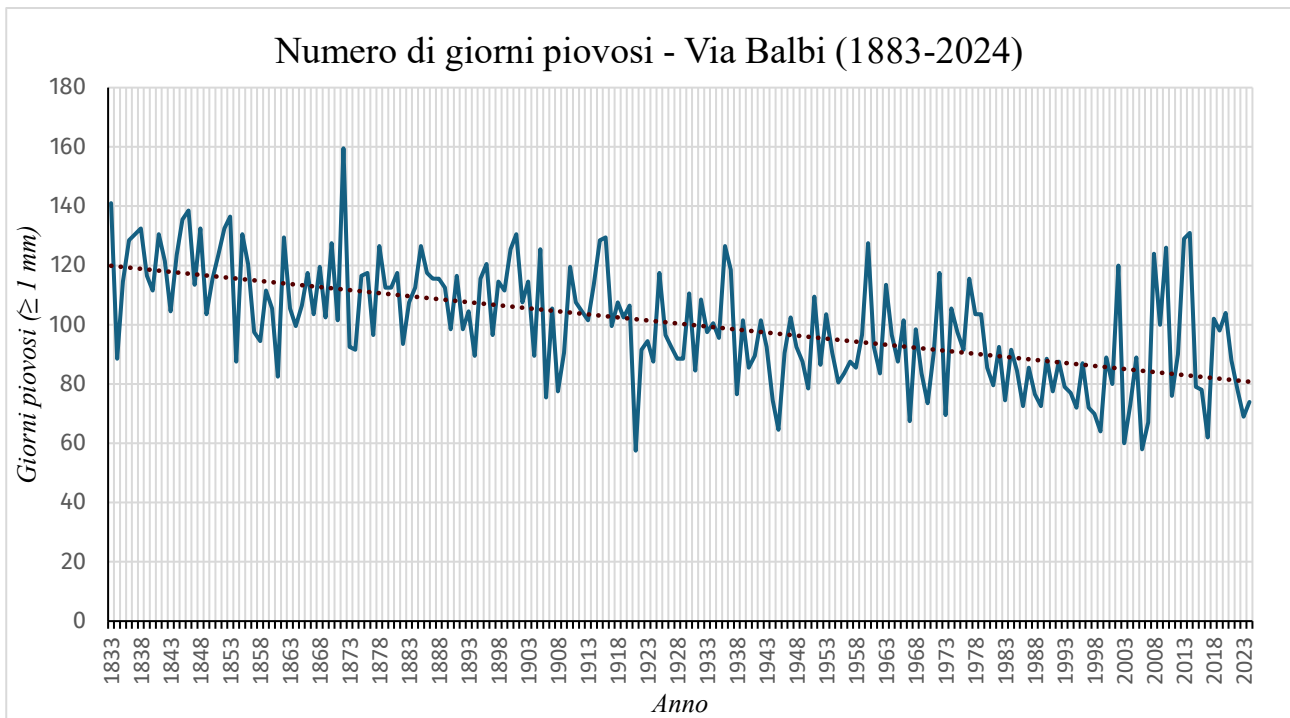


Figura 8: Andamento dei giorni piovosi alla stazione di Via Balbi dal 1833 al 2024 (Arpal).

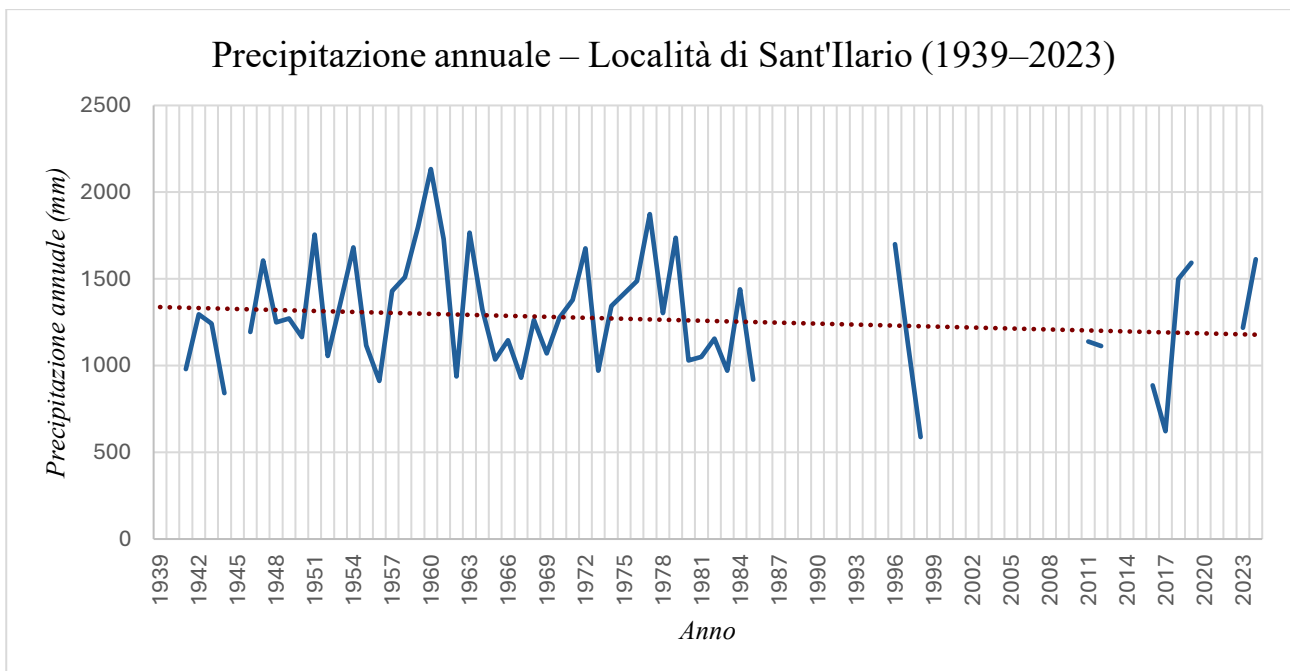


Figura 9: Precipitazione annuale alla stazione di Sant'Ilario dal 1939 al 2023 (Arpal).

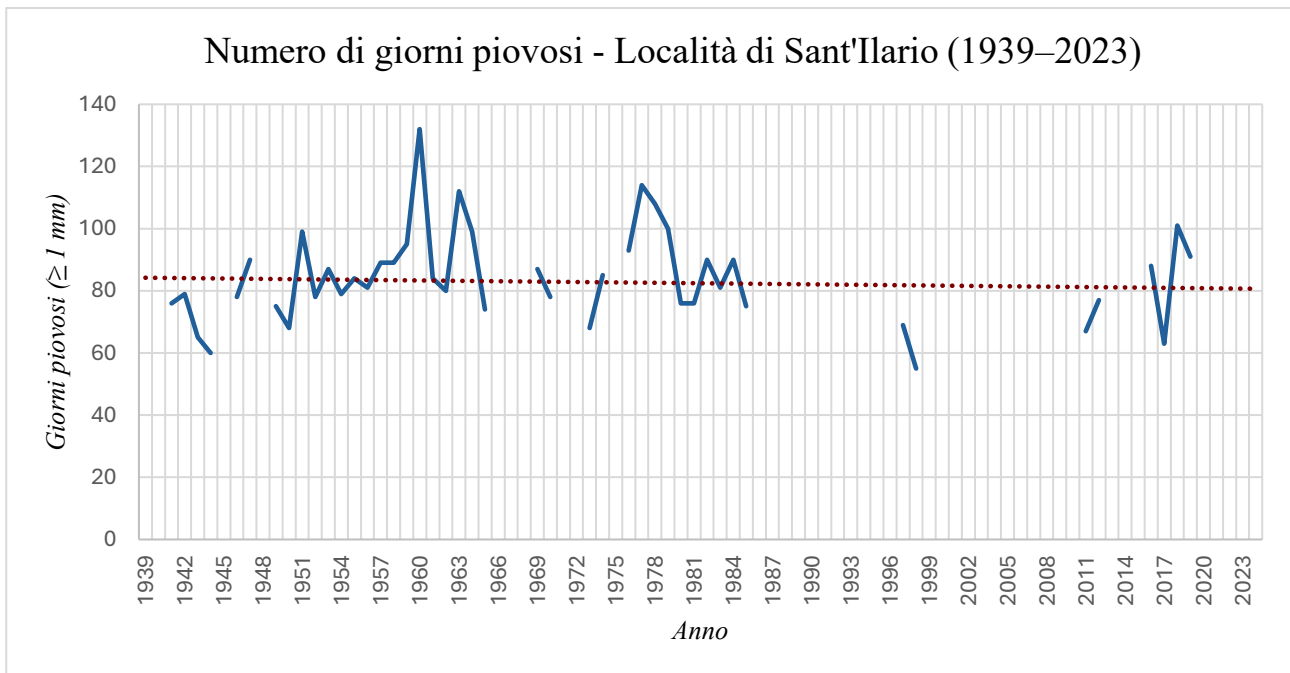


Figura 10: Andamento dei giorni piovosi alla stazione di Sant'Ilario dal 1939 al 2023 (Arpal).

Come si può osservare dai grafici che rappresentano le precipitazioni annue cumulate, emerge una discrepanza tra la stazione di Fiorino e le altre due. Infatti, per Fiorino il trend sembra essere in crescita (**Figura 5**), mentre nel caso di Via Balbi e Sant'Ilario è possibile riscontrare un andamento di lieve ma costante discesa nei valori pluviometrici cumulati annuali (**Figure 7 e 9**). Stessa tipologia di tendenza risulta riscontrabile anche per quanto concerne il numero di giorni piovosi annuali (**Figure 6, 8 e 10**).

Relativamente alla temperatura media dell'aria è possibile osservare il grafico di **Figura 11**: prima degli anni '80 i periodi freddi e caldi si alternavano grossomodo ciclicamente; dopo il 1983 invece si assiste ad una escalation verso il caldo sempre più marcata, quasi drammatica negli ultimissimi anni. Un aumento della quantità di calore in atmosfera implica maggiori quantità di vapore acqueo e quindi un incremento dell'acqua precipitabile sottoforma di fenomeni estremi specialmente laddove l'orografia esalta questo tipo di situazioni. Questo fatto spiega almeno in parte le ragioni della discrepanza osservata nell'andamento delle precipitazioni annue cumulate e nei giorni piovosi per le stazioni di Fiorino e le stazioni dell'accoppiata Via Balbi/Sant'Ilario.

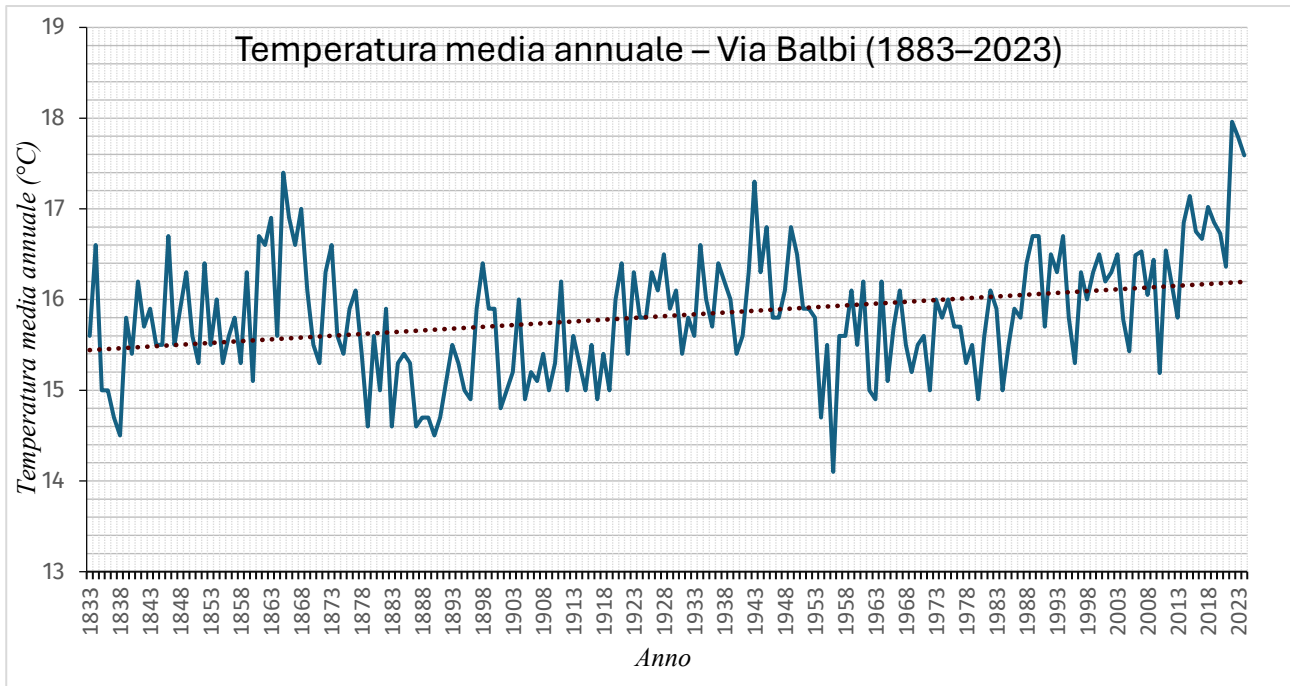


Figura 11: Temperatura media annuale dell'aria alla stazione di Via Balbi dal 1883 al 2023 (Arpal).

I grafici sottostanti (**Figure 12, 13 e 14**) riassumono bene quanto spiegato sopra: si evince infatti una tendenza che mostra un continuo aumento nelle precipitazioni massime cumulate in 1 ora, 12 ore e 24 ore anno per anno per la stazione di Fiorino, ovvero pioggia sempre più concentrata in tempi ristretti.

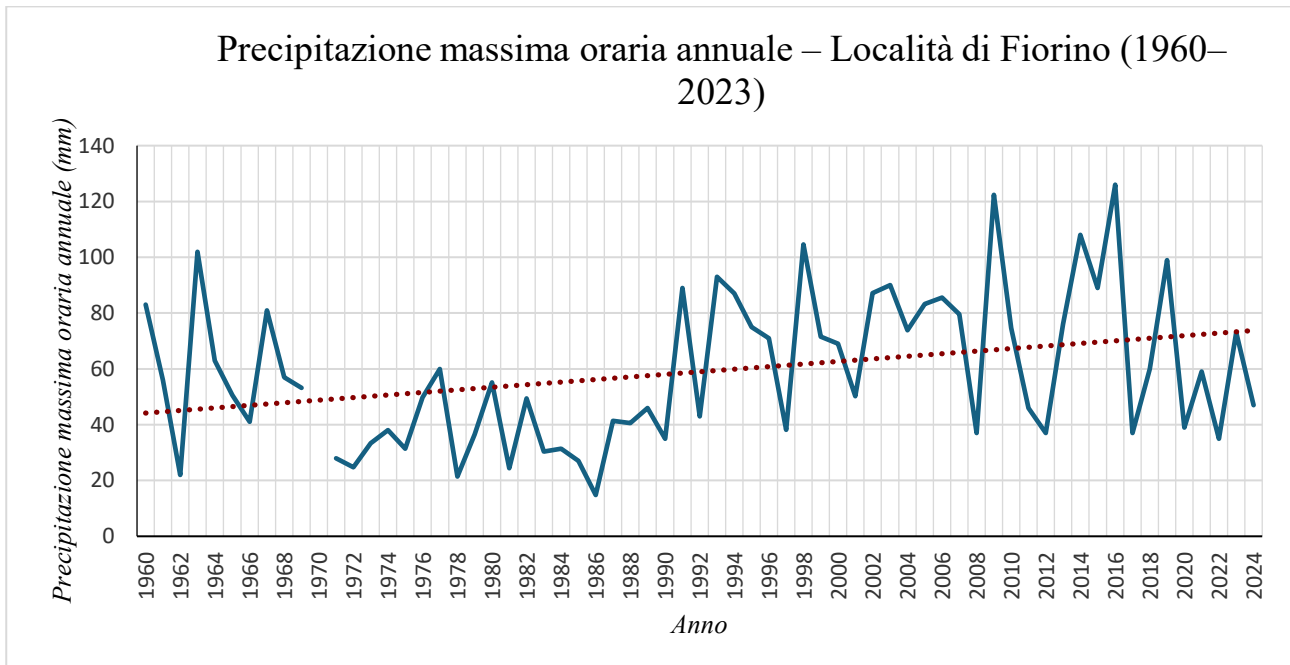


Figura 12: Precipitazione massima oraria anno per anno alla stazione di Fiorino dal 1960 al 2023 (Arpal).

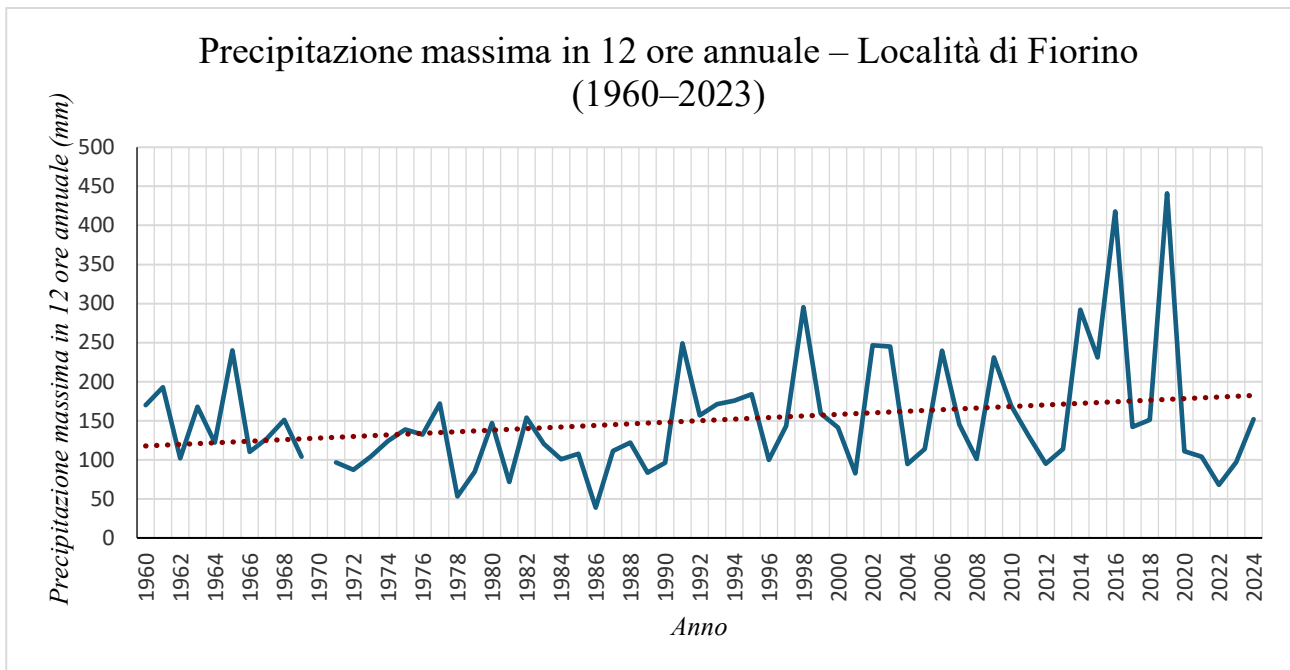


Figura 13: Precipitazione massima in 12 ore anno per anno alla stazione di Fiorino (Arpal).

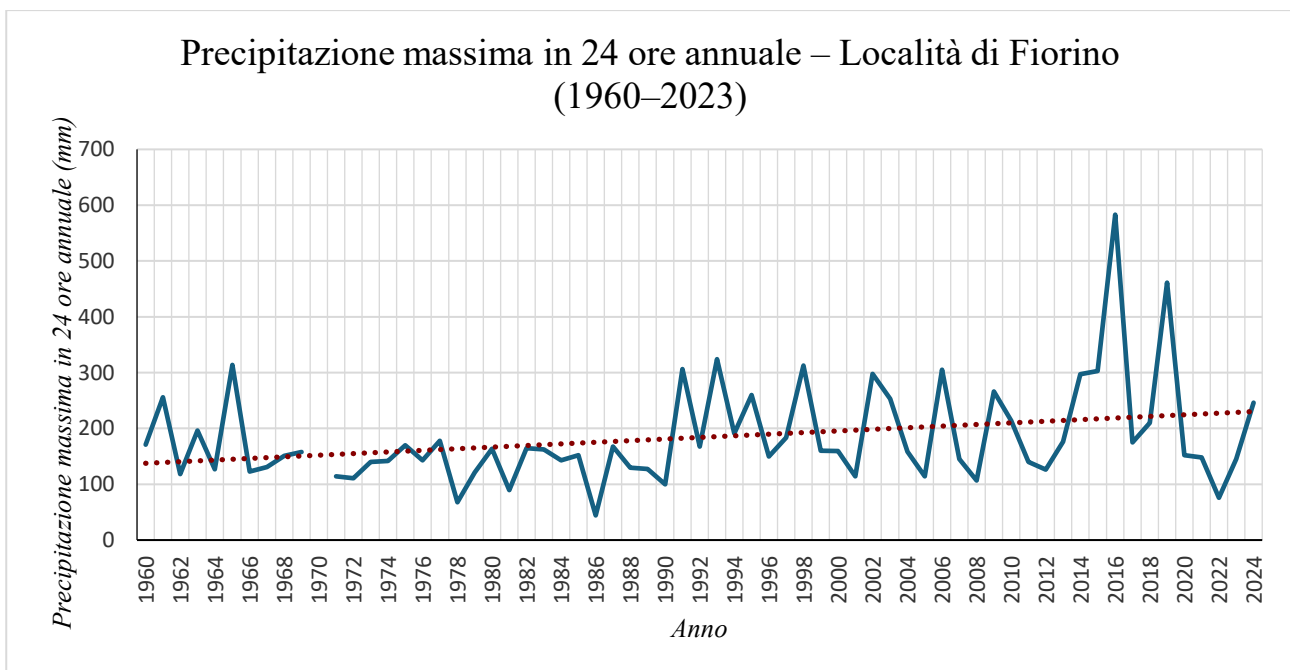


Figura 14: Precipitazione massima in 24 ore anno per anno alla stazione di Fiorino dal 1960 al 2023 (Arpal).

4.2 Analisi idrologica

Da un punto di vista idrologico invece, come descritto in fase di inquadramento geografico, il comune di Genova presenta al suo interno un gran numero di bacini idrografici variabili per dimensioni, morfologia e grado di urbanizzazione. Di seguito sono stati selezionati otto bacini che, in ragione delle modalità con cui interagiscono con la città di Genova, rappresentano esempi ideali in linea con gli obiettivi di questo lavoro di Tesi e che pertanto verranno presi in considerazione anche per il censimento degli eventi di dissesto all'interno del territorio comunale. Per ognuno di questi bacini idrografici si fornisce una breve analisi delle principali caratteristiche morfologiche e dei parametri idraulici che li caratterizzano.

4.2.1 Bacino del torrente Branega

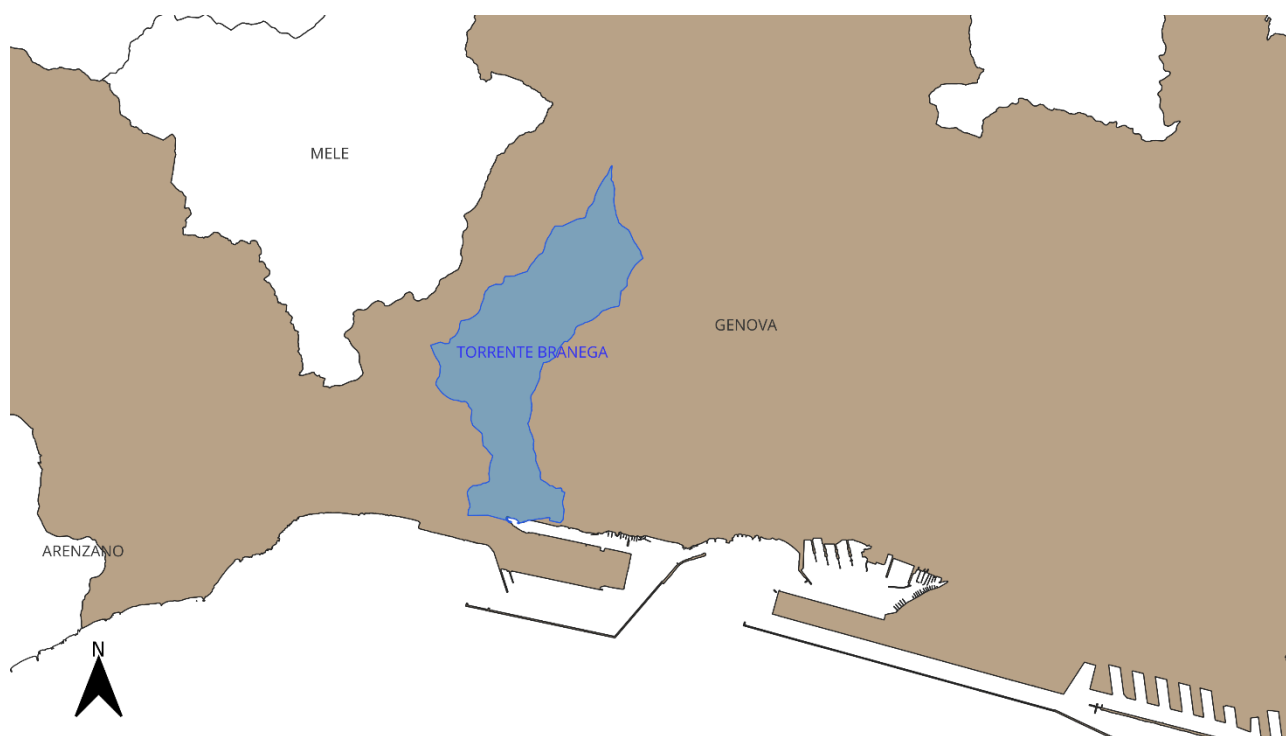


Figura 15: Bacino del torrente Branega.

Il bacino del torrente Branega (**Figura 15**) ha una superficie di 4,8 km² ed è ubicato a monte dell'abitato di Palmaro, tra Voltri e Prà. La sua superficie è interamente compresa all'interno del territorio comunale e la quota massima raggiunta all'interno del bacino è pari a 881 m slm. La sua morfologia è stretta e allungata e la lunghezza dell'asta principale raggiunge i 5 km. Il tempo di corrivazione dell'intero bacino del torrente, ossia il tempo necessario affinché la goccia di pioggia più lontana nel bacino raggiunga la sezione di chiusura del torrente è stato stimato in 65 minuti. L'area cittadina attraversata dal torrente è classificata tra quelle ad elevato rischio idraulico; infatti il bacino risulta fortemente urbanizzato nella sua parte valliva per un tratto di circa 1 km a monte del suo sbocco a mare e inoltre il tratto terminale del torrente Branega è interessato, da monte verso valle, dall'attraversamento dell'Autostrada Genova-Savona (A10) e, in prossimità dello sbocco a mare, dal doppio attraversamento ferroviario della linea Genova-Ventimiglia e dalla strada statale Aurelia. Le emergenze di carattere idraulico più evidenti sono legate, soprattutto, all'invasione delle aree un tempo di pertinenza del corso d'acqua da parte delle aree urbanizzate, nonché alla presenza di ostacoli strutturali quali pile di ponti, coperture, sottoservizi, briglie e alla variabilità della geometria delle

sezioni di deflusso. In particolare, le criticità idrauliche risultano molto evidenti lungo il tratto terminale del torrente Branega, dall'attraversamento autostradale della A10 sino allo sbocco a mare.

4.2.2 Bacino del torrente San Pietro

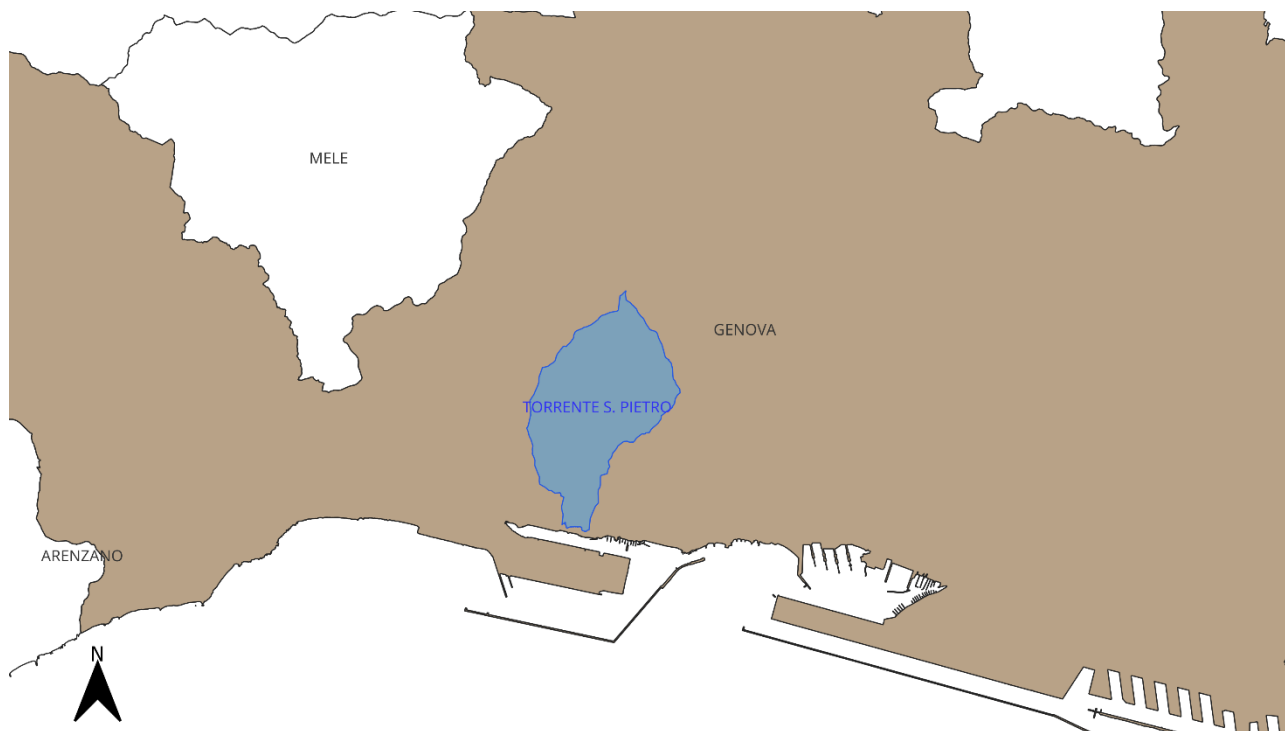


Figura 16: Bacino del torrente San Pietro.

Il bacino del torrente San Pietro (**Figura 16**) presenta un'estensione di soli 3,6 km² ed è ubicato a monte dell'abitato di Prà; anch'esso ricade interamente nel territorio del comune di Genova. La sua forma è assimilabile ad un rombo allungato con la lunghezza della diagonale principale pari a circa 3 km e quella trasversale 2 km circa. La lunghezza dell'asta principale raggiunge i 3,3 km e il tempo di corrivazione del torrente è stato stimato intorno a 65 minuti per l'intero bacino idrografico. La quota massima raggiunta all'interno del bacino è pari a 617 m slm. Anche in questo caso il bacino risulta fortemente urbanizzato nella parte valliva per un tratto di circa 1 km a monte dello sbocco a mare; esso è attraversato in senso trasversale dalla linea ferroviaria Genova-Ovada nella parte settentrionale del bacino mentre il tratto terminale è interessato, da monte verso valle, dall'attraversamento dell'Autostrada Genova-Savona (A10) e, in prossimità dello sbocco a mare, dal doppio attraversamento ferroviario della linea Genova-Ventimiglia e dalla strada statale Aurelia.

4.2.3 Bacino del torrente Varenna

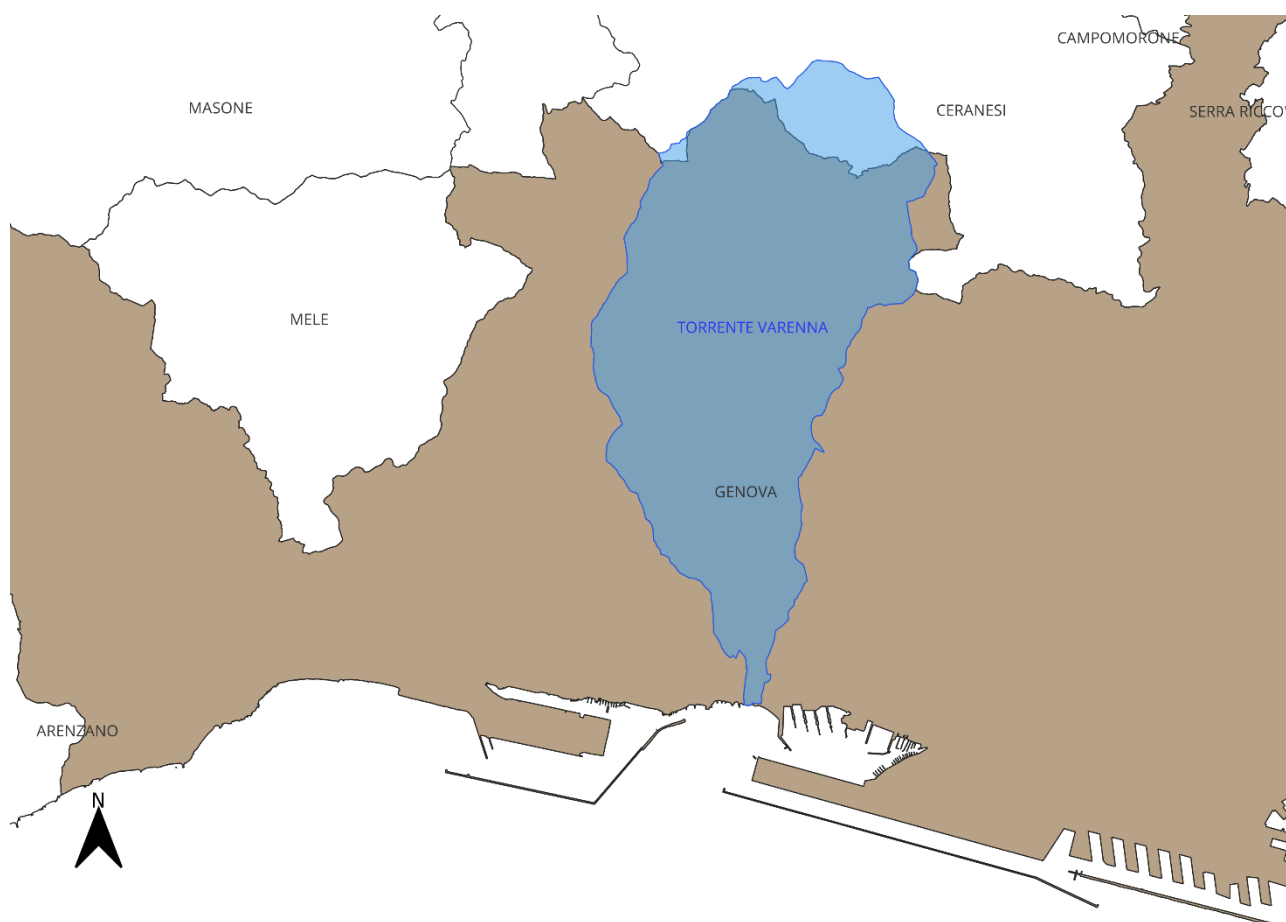


Figura 17: Bacino del torrente Varenna.

Il bacino del torrente Varenna (**Figura 17**) sfocia nel Mar Ligure tra le località di Multedo e Pegli, nella zona del ponente genovese, in un tratto di costa non interessato dai limitrofi ambiti portuali. Occupa una superficie di 22 km² e interessa, oltre al territorio comunale genovese, anche una piccola porzione di territorio nel comune di Ceranesi. La quota massima raggiunta all'interno del bacino è pari ai 995 m s.l.m. del monte Pennello e la lunghezza della sua asta principale raggiunge gli 11 km. Il bacino presenta una forma stretta e allungata e, da un punto di vista naturalistico, il suo territorio è di grande pregio ma non mancano anche situazioni degradate a causa dell'intensa urbanizzazione e delle infrastrutture del tratto posto alla foce. Sinteticamente si può affermare che il bacino presenta una zona montana con versanti caratterizzati da problemi di instabilità puntuali, erosione diffusa ed accelerata e altre problematiche localizzate di carattere idraulico; una zona mediana con versanti che, per le proprie caratteristiche geologiche e geomorfologiche, denotano movimenti franosi di vaste dimensioni e infine una zona più valliva con problemi di criticità idrauliche e di movimenti franosi di dimensioni più ridotte.

4.2.4 Bacino del torrente Chiaravagna

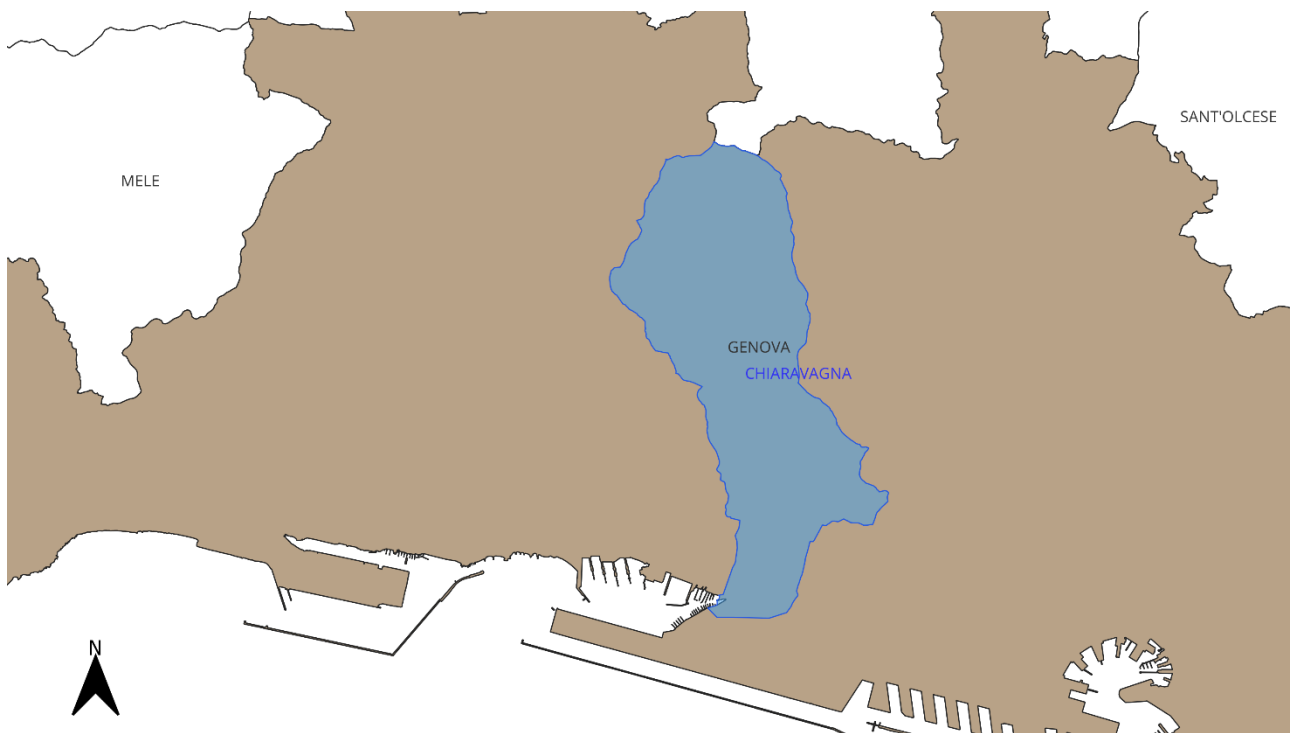


Figura 18: Bacino del torrente Chiaravagna.

Il bacino del torrente Chiaravagna (**Figura 18**), che sfocia in ambito portuale all'altezza di Sestri Ponente, presenta alcune peculiarità geografico-morfologiche analoghe a tutti i bacini del ponente genovese: modesto sviluppo dell'asta principale (con una lunghezza di circa 3.3 km) e, conseguentemente, vicinanza notevole tra lo spartiacque ed il mare e limitate dimensioni del bacino (circa 11 km² interamente in territorio comunale genovese), che presenta una forma stretta ed allungata con un reticolo non molto ramificato. All'interno del bacino riscontriamo però alcune situazioni che rendono pressoché unico il Chiaravagna: una concentrazione notevole di attività estrattive, la più grossa discarica di rifiuti solidi urbani della regione (Scarpino) e infine l'esecuzione di una spianata, di circa 9 ettari, in corrispondenza della collina degli Erzelli, iniziata intorno agli anni '50 per il prelievo del materiale necessario per la costruzione dell'aeroporto. A tutto ciò si aggiunge un intenso e caotico sviluppo delle aree urbanizzate nella parte valliva del bacino che non ha tenuto in alcun conto le necessità di una tutela idrogeologica del territorio.

4.2.5 Bacino del torrente Polcevera

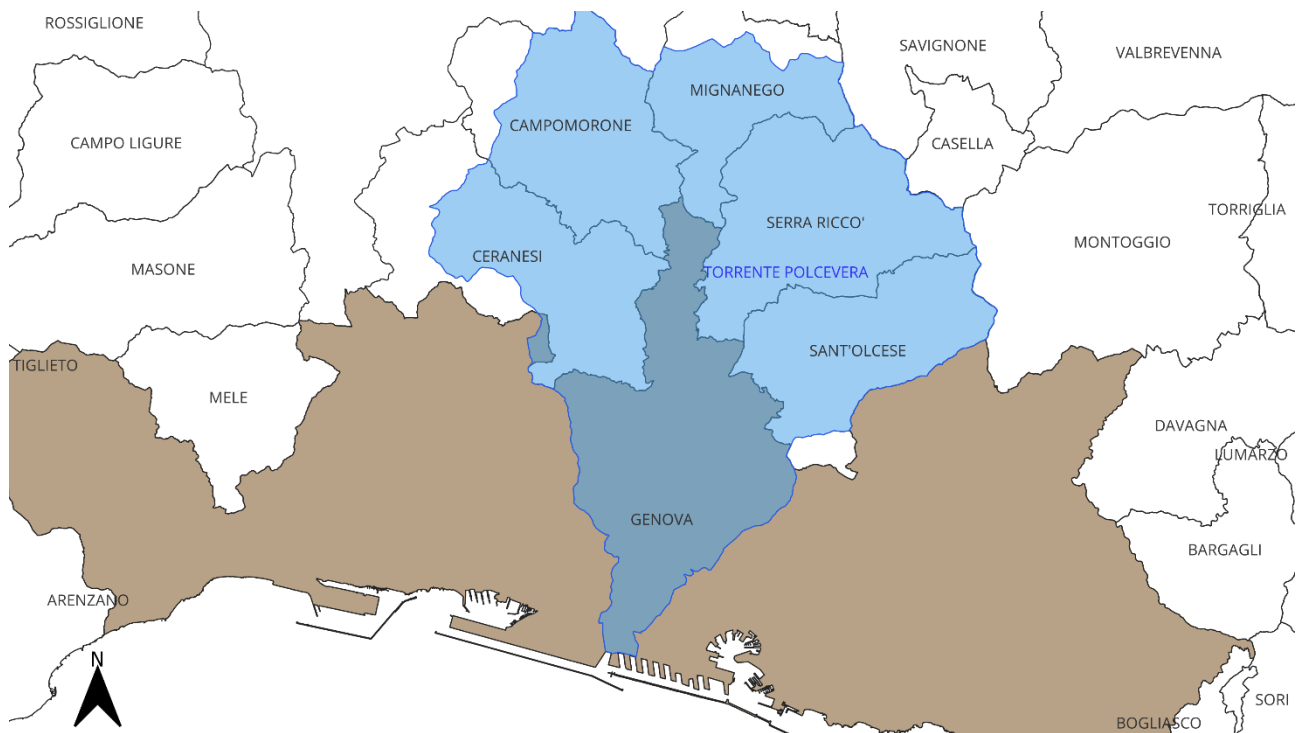


Figura 19: Bacino del torrente Polcevera.

Il bacino idrografico del torrente Polcevera (**Figura 19**), il più rilevante insieme a quello del torrente Bisagno, risulta interamente compreso all'interno della provincia di Genova, inglobando parzialmente o completamente i territori comunali di Genova, Sant'Olcese, Campomorone, Serra Riccò, Mignanego e Ceranesi. Si colloca a nord-ovest rispetto all'abitato di Genova e sottende una superficie complessiva pari a 140 km², raggiungendo la sua quota massima sul livello del mare in corrispondenza della vetta del monte Taccone (1113 m). Il torrente Polcevera trae origine dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, nei pressi del quartiere genovese di Pontedecimo, e l'asta principale, dopo un percorso di 17 km, sfocia in mare in prossimità della delegazione genovese di Cornigliano. Il bacino complessivo risulta composto dai seguenti sottobacini principali: i torrenti Verde, Riccò, Secca; i torrenti Trasta, Burba e Fegino (affluenti minori in sponda destra) e infine i torrenti Geminiano e Torbella (affluenti minori in sponda sinistra).

4.2.6 Bacino del torrente Bisagno

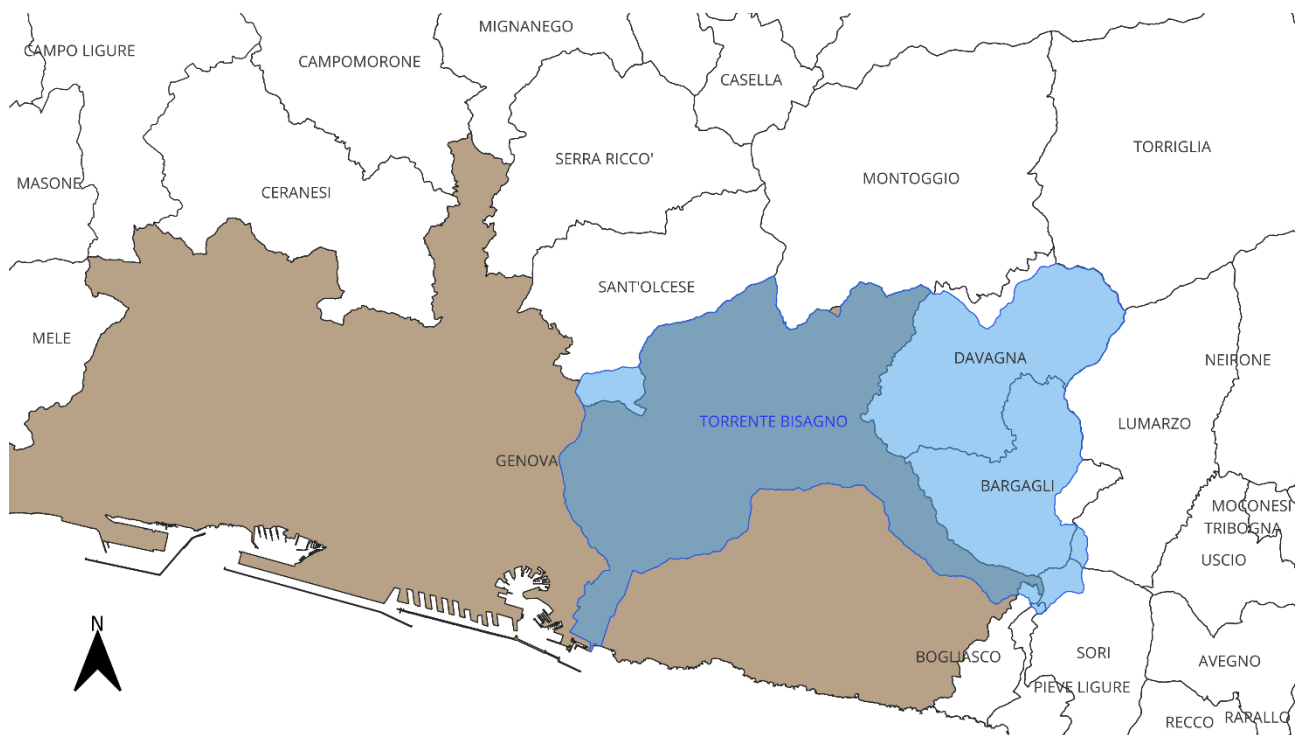


Figura 20: Bacino del torrente Bisagno.

Tra i corsi d'acqua appenninici del versante ligure tirrenico il torrente Bisagno (**Figura 20**) presenta un bacino di dimensioni medio-piccole, con superficie complessiva di circa 95 km², lunghezza dell'asta principale pari a 25 km e un tempo di corrivazione inferiore a 1 ora. Il bacino imbrifero è delimitato a nord dallo spartiacque Bisagno-Scrivia, ad ovest dallo spartiacque Bisagno-Polcevera, ad est dallo spartiacque Bisagno-Lavagna e a sud dallo spartiacque Bisagno-torrenti Sturla, Nervi, Poggio e Sori. Fanno parte del bacino, interamente o in buona parte, i territori dei comuni di Genova, Davagna e Bargagli, mentre interessano porzioni assai limitate di bacino i territori dei Comuni di Sant'Olcese, Lumarzo, Sori e Bogliasco. Il bacino del torrente Bisagno raggiunge la sua massima quota in corrispondenza del monte Candelozzo (1034 m slm) e presenta una forma complessa ed articolata, sviluppata in due direzioni principali (nord-sud e est-ovest) e con bacini secondari molto sviluppati in sponda orografica destra rispetto a quella di sinistra. Il reticolo idrografico non corrisponde ad un preciso tipo morfologico, se non alla scala di alcuni sottobacini. Il territorio in esame nonostante l'alta percentuale di tessuto urbano (13%), presenta tuttavia alcune situazioni di pregio in contesti ancora a bassissima antropizzazione. Vi sono tuttavia situazioni particolarmente compromesse nella parte urbanizzata più vicina alla città, stati di degrado connessi al forte impatto delle attività estrattive e delle infrastrutture presenti in tutto il tratto terminale. In particolare, nel tratto terminale coperto (dallo sbocco a mare al ponte ferroviario di Brignole) ed in quello scoperto compreso fra il ponte ferroviario e la confluenza con il rio Fereggiano si riscontrano le principali criticità idrauliche del bacino con particolare riferimento al rischio di inondazione. Conseguenza dell'attuale configurazione geometrica, assai lontana da quella naturale, è un'elevata suscettibilità al rischio di inondazione che, a causa dell'elevata densità del tessuto urbano circostante, delinea una situazione di vera e propria emergenza idraulica.

Il torrente Bisagno è il caso di studio più noto in Italia perché le sue piene possono colpire il centro città causando gravi danni, spesso con vittime. La periodicità ricorrente e i gravi effetti nelle aree urbane causati da tali fenomeni hanno reso Genova e in particolare il Bisagno un caso di studio

emblematico a livello internazionale (Rosso e Rulli 2002; Silvestro et al. 2012; 2015; Hally et al. 2015).

4.2.7 Bacino del torrente Sturla

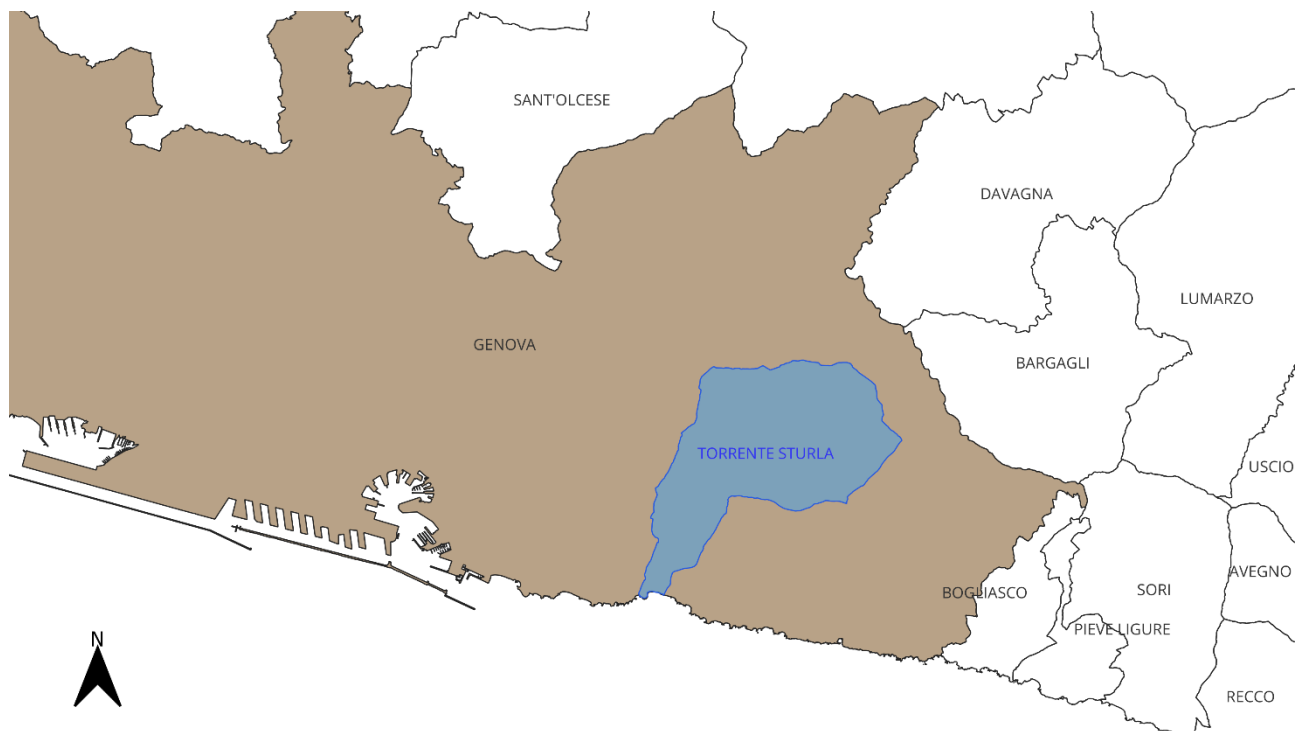


Figura 21: Bacino del torrente Sturla.

Il bacino idrografico del torrente Sturla (**Figura 21**) è situato interamente nel territorio del comune di Genova. La superficie del bacino è di poco inferiore ai 13 km², mentre la lunghezza del corso d'acqua principale è circa 9 km. Il suo tempo di corrivazione è pari a circa 43 minuti. Si tratta perciò di un bacino di ridotte dimensioni, particolarmente acclive. Nella valle ricadono paesaggi con caratteristiche notevolmente differenziate. Il tratto tra la foce ed il viadotto autostradale è caratterizzato dalla presenza di un tessuto urbano continuo sostanzialmente continuo. Nel tratto a monte, compreso tra il viadotto autostradale e l'abitato di San Desiderio, la valle si restringe progressivamente ed è caratterizzata da una serie di meandri incassati in roccia, spesso interessati da nuclei abitati insediati a pochi metri dall'alveo. In corrispondenza delle prime case di San Desiderio, la valle ritorna ad allargarsi; anche in questo tratto l'uomo si è insediato in modo disordinato, con frammistione tra tessuto produttivo e residenziale invadendo aree di pertinenza fluviale con edifici e riporti. La presenza di numerosi fenomeni franosi in parte attivi, le pessime caratteristiche delle coltri di copertura e del substrato, unitamente alla generalizzata incuria nella regimazione delle acque superficiali, rendono questo tratto estremamente critico dal punto di vista idraulico e geomorfologico.

4.2.8 Bacino del torrente Nervi

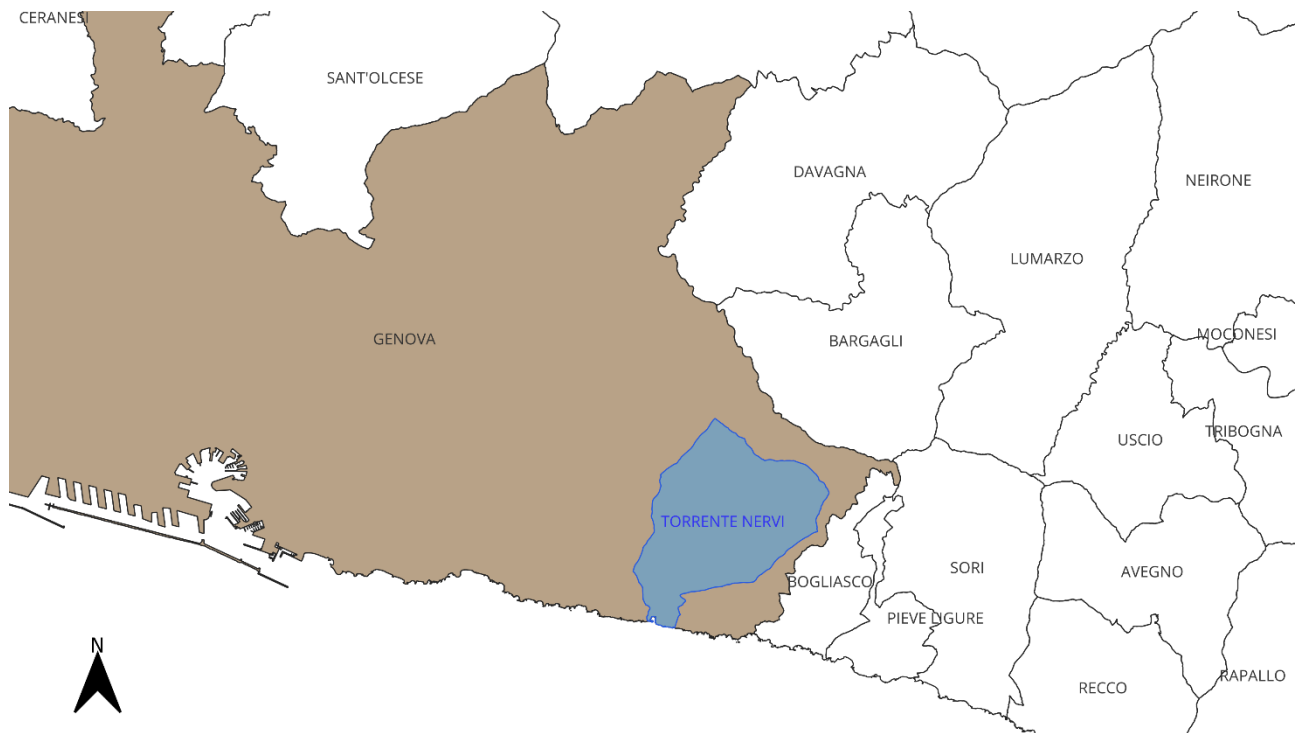


Figura 22: Bacino del torrente Nervi.

Il bacino del torrente Nervi (**Figura 22**) è ubicato sul limite orientale del comune di Genova e condivide con il torrente Sturla una piccola porzione di spartiacque compreso tra i monti Bastia e Fasce, situati nel limite nord-occidentale del bacino. L'area complessiva del bacino è di circa 9.4 km² e appartiene amministrativamente al Comune di Genova. La cima più alta è rappresentata dal monte Bastia con una quota di 846 m slm. Da queste quote, elevate per un'area costiera, i versanti degradano rapidamente verso il mare conferendo al territorio un aspetto aspro e inospitale. Il corso principale del torrente presenta un andamento sostanzialmente rettilineo con direzione est-ovest mentre nella parte medio valliva esso presenta un andamento meandriforme, con direzione prevalente nord est-sud ovest, sino al suo sbocco a mare presso l'abitato di Nervi all'interno del suo porticciolo.

5. Inquadramento geomorfologico

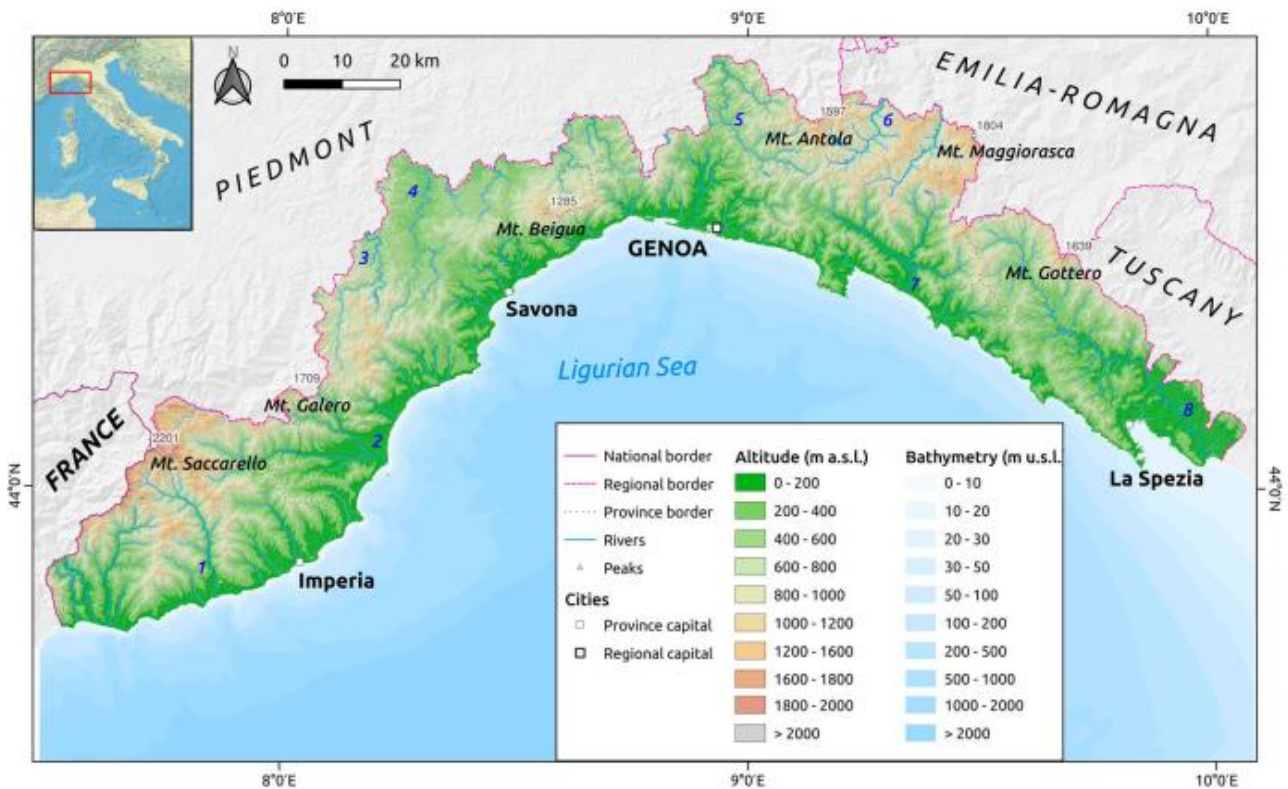


Figura 23: Carta geografica fisica della Regione Liguria (Ferrando et al., 2023).

La Liguria è una regione prevalentemente montuosa (Figura 23) caratterizzata da un'ampia varietà geomorfologica legata alla sua complessità geologica. La superficie territoriale regionale è suddivisa per il 97,58% (pari a 5.276,65 km²) in aree montano-collinari e per il 2,42% (13,05 km²) in aree di pianura (Gorziglia et al., 2006). I segni dell'attività tettonica recente sono evidenti sulla rete idrografica e sulle forme del terreno ad essa correlate, come meandri trincerati, catture fluviali, valli pensili, terrazzi relitti (Fanucci e Nosengo, 1977). La pendenza del territorio è generalmente media-elevata; valori più elevati si riscontrano nel versante marittimo della catena montuosa alpino-appenninica, mentre il versante settentrionale tende ad essere più dolce (Ferrando et al., 2023).

La costa è prevalentemente alta e rocciosa, con falesie che in alcuni punti superano i 300 m di altezza. I promontori rocciosi sono separati da piccole baie con piccole spiagge ghiaiose. Le pianure costiere sono caratterizzate da spiagge sabbiose-ghiaiose (Mastronuzzi et al., 2017).

Forme carsiche sono presenti presso i principali affioramenti calcarei e dolomitici: i più importanti si trovano in provincia di Savona, tra Finale Ligure e il Monte Carmo, e nei pressi di La Spezia (Gestionale Speleologico Ligure, s.d.).

Forme periglaciali relitte si trovano in aree montane come il massiccio del Beigua e la Val d'Aveto; in alcuni casi, le forme periglaciali originali vengono poi modificate da processi gravitativi di pendio (Faccini et al., 2012).

In aggiunta al carattere prettamente montano-collinare del territorio va considerata anche la relativa vicinanza dello spartiacque ligure-padano alla linea di costa che determina valli di limitata estensione, strette e fortemente incise con corsi d'acqua a regime torrentizio e versanti ad elevata acclività ricoperti da folta vegetazione mediamente fino alla quota di 700-800 m. Al di sopra di tale quota il

suolo diventa esile e l'ammasso roccioso affiora diffusamente. In un contesto del genere non mancano strette piane costiere, originatesi per progradazione delle foci torrentizie, intensamente urbanizzate ed esposte al rischio di inondazioni periodiche. Questo determina effetti sui processi fluviali (i corsi d'acqua vengono arginati o canalizzati) e sui processi costieri; influenzati dalla presenza di porti, strutture portuali e ripascimento artificiale delle spiagge (*Corradi et al., 1994*).

Altro fattore da considerare è il regime dei fenomeni precipitativi che, come è stato precedentemente descritto, vede un incremento sempre maggiore di eventi estremi soprattutto nelle aree montuose. Questo insieme di situazioni rende il territorio ligure estremamente soggetto al rischio di fenomeni franosi, e il comune di Genova non fa ovviamente eccezione. A livello ligure le frane più frequenti sono frane complesse, scivolamenti traslazionali e rotazionali. Le deformazioni gravitazionali profonde e le relative forme del terreno sono diffuse, soprattutto nell'Appennino ligure orientale (*Ferrando et al., 2021*).

All'interno dell'attuale centro storico di Genova, la definizione del contesto geomorfologico è piuttosto difficile a causa della sovrapposizione di diverse fasi di sviluppo urbano nell'ultimo millennio. Infatti, una diversità di forme antropiche caratterizza l'attuale paesaggio urbano, precedentemente modellato da diversi agenti geomorfologici (in particolare quelli di ambienti costieri, fluviali e gravitazionali) di carattere sia erosivo che deposizionale (*Faccini et al., 2021*). Forme antropiche più antiche sono i terrazzamenti in pietra, costruiti per l'agricoltura, diffusi nelle zone collinari e di bassa montagna della regione (*Paliaga et al., 2020*).

Tra i processi modellatori che agiscono all'interno del territorio comunale se ne possono elencare e descrivere principalmente di cinque differenti tipologie:

- Processo gravitativo
- Processo fluviale
- Carsismo
- Forme costiere
- Forme antropiche

L'uso del suolo, infine, si configura essenzialmente come una diretta conseguenza dei suddetti processi.

5.1 Processo gravitativo

In ambito ligure (e quindi anche genovese) il fattore gravitativo costituisce la tipologia di processo geomorfologico di gran lunga predominante e che si esplica sottoforma di fenomeni franosi di varia natura. Le frane possono essere classificate in base al loro cinematismo (tipo di movimento), allo stato di attività e all'età. Il cinematismo si riferisce al modo in cui il materiale franoso si muove (ad esempio per scorrimento, rotazione o crollo). Lo stato di attività indica se la frana è attualmente in movimento, se è stata riattivata dopo un periodo di inattività o se è attualmente sospesa. L'età, infine, si riferisce al tempo trascorso dall'ultima attività significativa della frana.

Le frane complesse, ovvero quelle risultanti dalla combinazione di due o più tipi di movimenti franosi, costituiscono la tipologia maggiormente rappresentata sul territorio regionale e comunale (**Figura 24**): le caratteristiche di questi dissesti sono estremamente variegata in base alla tipologia di substrato, alla potenza delle coltri detritiche, alle pendenze dei versanti ecc. In questa categoria rientrano la maggior parte delle grandi frane relitte che rappresentano una peculiarità del territorio genovese e ligure.

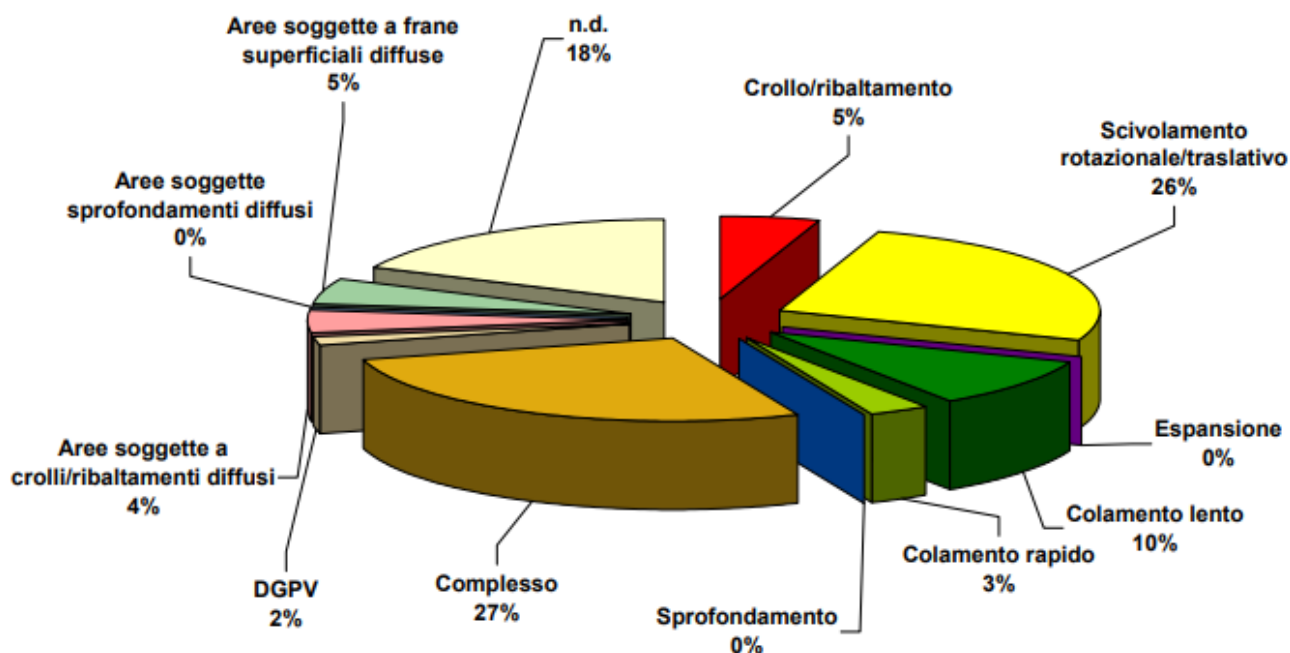


Figura 24: Percentuale delle frane suddivise per tipologia di movimento nel Comune di Genova (Gorziglia et al., 2006).

Le frane di crollo o ribaltamento sono fenomeni di ridotta estensione e coinvolgono pendii rocciosi molto acclivi dai quali si distaccano frammenti che precipitano nel vuoto. Ambienti favorevoli per l'innescio di queste frane sono le coste alte e rocciose (come nel litorale compreso tra Voltri e la propaggine più occidentale del comune di Genova) e in generale qualsiasi ambiente dove la roccia affiorante risulti fratturata e alterata (come nel caso delle testate montuose poste ai due estremi del territorio comunale).

Le frane di scivolamento rotazionale (*soil slip*) sono fenomeni estremamente superficiali (spessori medi coinvolti pari a 0,5/1 m) che si manifestano inizialmente come scivolamenti di suolo che evolvono rapidamente in colate di fango a notevole fluidità. Il loro innescio è legato alla formazione, in occasioni di precipitazioni intense, di una falda temporanea sospesa all'interno della copertura eluvio-colluviale che comporta la modificazione delle caratteristiche meccaniche stabilizzanti del terreno (Campbell, 1975). Nel territorio genovese fenomeni tipo *soil slip* hanno talora coinvolto blocchi rocciosi di dimensioni fino a 1/2 m³. Questa circostanza è da porre in relazione alla presenza in quest'area di calcari marnosi interessati da una fratturazione pervasiva (Formazione del Monte Antola), che induce la formazione di una coltre di alterazione di tipo detritico-colluviale, con ciottoli e blocchi immersi in una matrice a grana fine (Chiarle et al., 1994).

Di dimensioni confrontabili ai *soil slip* ma molto meno diffusi sono risultati i casi in cui la superficie di scivolamento si è imposta a profondità maggiori (>2 m). Tali fenomeni sono stati definiti come "earth slump" (Varnes, 1978). Lo sviluppo di queste frane è messo in relazione con precipitazioni di durata sufficiente per consentire la percolazione in profondità delle acque piovane e l'imbibizione degli orizzonti inferiori della copertura eluvio-colluviale, con lo sviluppo di una superficie di scivolamento a profondità dell'ordine di alcuni metri (Govi et al., 1985).

La diffusa presenza di terreni flyschoidi e, di conseguenza, dei rispettivi complessi di base argillosi determina un gran numero di dissesti a colamento lento (movimento di materiale roccioso o terroso sottoforma di deformazione fluida) che costituiscono un notevole problema per insediamenti e infrastrutture (Gorziglia et al., 2006). Le aree del comune di Genova maggiormente interessate da

questo fenomeno sono quelle ove affiorano le argilliti di Montoggio (ossia il complesso di base del flysch di monte Antola).

Nel comune di Genova e in particolare nella parte alta del bacino del torrente Sturla sono localizzati eventi franosi direttamente connessi all'andamento del contatto tra i calcari dell'Antola e le argilliti di Montoggio. Gli episodi più rilevanti sono localizzati presso le località Stallo/Bavastrelli e San Desiderio: quest'ultimo dissesto è identificabile come Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV), ossia eventi di dissesto che si caratterizzano per gli ampi areali interessati con coinvolgimento del substrato roccioso fino in profondità e una cinematica e geometria che li rende non direttamente inquadrabili nella sistematica dei movimenti franosi. Studi recenti dimostrano che interi versanti caratterizzati da estesi corpi franosi sono riconducibili ad aree interessate da deformazioni gravitative profonde, che coinvolgono l'intero sistema crinale-versante-fondovalle (*Brandolini et al., 2007; Faccini et al., 2009b*).

5.1.1 Fattori predisponenti

La predisposizione ai fenomeni di dissesto nell'area comunale di Genova è strettamente correlata a 1) **fattori morfologici** e 2) **fattori geologici/litologici**.

Tra i fattori morfologici il più predisponente riguarda l'acclività dei versanti, per via della vicinanza della dorsale Alpino-Appenninica ligure alla linea di costa. Inoltre, le coste, specialmente quelle alte, sono in continua evoluzione e soggette ad erosione al piede, naturale arretramento e crolli.

Per quanto concerne i fattori geologici/litologici la propensione ai fenomeni franosi è favorita dalla presenza di ammassi rocciosi contrassegnati da caratteristiche meccaniche scadenti. In tal senso gioca un ruolo rilevante la diffusa presenza di litotipi argillosi o argillitici che, una volta saturi, perdono coesione e danno luogo a colamenti lenti o colate detritiche rapide. Per i litotipi a componente calcarea preminente è invece rilevante il fattore della fratturazione, che favorisce crolli e ribaltamenti.

5.1.2 Fattori innescanti

Le principali cause innescanti i fenomeni di dissesto geologico-idraulico, che interessano il territorio comunale di Genova, sono dovute sia all'azione dell'uomo che a processi naturali del territorio. Questi fattori non operano indipendentemente tra loro ma spesso sono concatenati e concorrono in simultanea, amplificando i risultati catastrofici delle loro azioni (*Lucarini e Vizzini, 2020*).

Tra i fattori antropici occorre citare l'abbandono del territorio, con riferimento soprattutto alle attività agricole (con conseguente mancanza di manutenzione di muretti a secco e canali di scolo) e soprattutto l'urbanizzazione, che determina un aumento delle superfici impermeabili che alterano l'equilibrio naturale dei versanti. Le modificazioni antropiche non sempre agiscono come innesco di dissesto in tempi brevi ma spesso modificano il territorio provocando alterazioni delle situazioni naturali raggiunte in tempi molto lunghi, rendendo conseguentemente il territorio sempre più vulnerabile.

Tra i fattori naturali innescanti i dissesti idrogeologici risulta preminente il processo erosivo delle litologie affioranti, dovuto principalmente all'azione meccanica di disaggregazione effettuata dalle copiose e concentrate acque meteoriche, che si abbattono soprattutto nel periodo autunnale (*Lucarini e Vizzini, 2020*).

5.1.3 Relazione litologia-frane

Analizzando in maniera maggiormente dettagliata la litologia dei principali bacini idrografici genovesi e le tipologie di frane ad essi associate, emerge il seguente quadro:

- La **Val Cerusa**, posta ai confini occidentali comunali, presenta una netta suddivisione tra i calcescisti presenti nella parte medio-bassa della vallata e i serpentinoscisti della parte alta. I calcescisti si presentano in bancate verticalizzate per lo più ben conservate sul fondovalle, che conferiscono a questo settore una sostanziale stabilità, con al più alcuni fenomeni superficiali di instabilità locale. Sono presenti infatti alcune frane, per lo più quiescenti o paleofrane di tipo "scoscendimenti rototraslazionali" su coltri eluvio-colluviali argillificate. Del tutto diversa è la situazione nella parte alta della vallata, ove ritroviamo frane di crollo e falde di detrito che conferiscono al paesaggio un aspetto di alta montagna.
- In **Val Branega** la situazione litologica è maggiormente diversificata per via della presenza di calcescisti nella parte meridionale della valle e di rocce lherzolitiche e metagabbriche nella parte centro-settentrionale, che conferiscono una buona stabilità ai versanti. Sono presenti alcune paleofrane e fenomeni franosi attivi, prevalentemente scoscendimenti rototraslazionali coinvolgenti coltri detritico-terrose e frane di crollo.
- La valle del torrente **San Pietro**, posta a monte dell'abitato di Prà, è una delle poche zone interessate da formazioni metagabbriche, specie a scisti verdi. Per via della presenza di roccia generalmente meno alterata e più massiva, si ha generalmente una buona condizione di stabilità generale e sono rari gli episodi franosi, specie di tipo attivo. Tuttavia, queste formazioni sono di dimensioni areali limitate e in prossimità dei contatti, specie con le ultramafiti della val Branega, si presentano diffusamente fratturate e alterate determinando pertanto fenomeni franosi più frequenti.
- In **Val Varenna**, alle spalle di Pegli, i calcemicascisti sono caratterizzati da elevata permeabilità e questo favorisce la formazione di coltri detritico-terrose eluvio-colluviali anche di notevole spessore che, se impregnate d'acqua danno luogo facilmente a scoscendimenti rototraslazionali. Esempi importanti di tali situazioni si sono riscontrati presso la località Cantalupo, in corrispondenza della linea ferroviaria Genova-Acqui presso la sponda destra del torrente Varennae in località Carpenara, presso la sponda sinistra del torrente Varenna.
- In **Val Chiaravagna**, alle spalle di Sestri Ponente, i dissesti più frequenti sono costituiti da scorrimenti superficiali del terreno (soil slip), mentre frane di crollo e di rotolamento sono presenti prevalentemente sui litotipi di natura ofiolitica che, pur avendo buone caratteristiche geomeccaniche, risultano interessati da una estrema fratturazione e tettonizzazione. I fenomeni di questo tipo sono concentrati sul versante est del monte Contessa e nella porzione settentrionale del versante ovest della dorsale Bric Teiolo-Bric dei Corvi nord. Anche le dolomie del monte Gazzo risultano soggette a frane di crollo e ribaltamento, specialmente se fratturate ed esposte a fattori scatenanti come piogge intense o persistenti. Movimenti piuttosto lenti (scorrimento-colamento anche in profondità) si innescano per lo più a causa della facile alterabilità e della propensione a saturarsi per imbibimento idrico delle coperture derivanti dai materiali argilloscistosi e/o calcescistosi.

- In **Val Polcevera** invece risulta predominante il litotipo argilloscistoso, e ciò determina una tipologia di frana di scorrimento dovuta all'impregnazione e saturazione della coltre detritica superficiale; in cui la superficie di scorrimento è costituita dall'interfaccia tra la porzione alterata ed il substrato roccioso sano sottostante.
- In **Val Bisagno** e nei bacini minori del levante genovese (torrenti **Sturla e Nervi**), infine, dominano i calcari marnosi e, come descritto in precedenza, la giacitura, la stratificazione di questa formazione rocciosa e dei piani di fratturazione influenza la tipologia di frana: si osservano scorrimenti traslazionali in roccia in condizioni a "franapoggio" e ribaltamenti e crolli in condizioni a "reggipoggio". Anche le coltri di copertura dei calcari marnosi sono soggette a tipologie di frana di prima generazione analoghe a quelle degli argilloscisti, mentre in caso di coltri di grandi dimensioni la tipologia è più complessa. In quest'ultimo caso si tratta in genere di dissesti di ampia magnitudo che si innescano in prossimità del contatto litologico tra i calcari marnosi e le argilliti sottostanti.

Merita una menzione a parte l'areale dove è collocata la linea "Sestri-Voltaggio", caratterizzata da un ammasso roccioso (tra cui i metabasalti del monte Figogna) di qualità molto scadente per via dei numerosissimi contatti tettonici che si succedono in spazi molto ridotti. Il risultato vede pertanto un accostamento di litologie differenti a comportamento spesso diverso riguardo a plasticità e permeabilità e questo determina emergenze idriche, aree di impregnazione oltre a diffusi fenomeni erosivi: il tutto genera scarpate in frana, falde di detrito e scoscendimenti traslazionali (*Piano Urbanistico Comunale, 2015*).

5.2 Processo fluviale

Nel territorio del comune di Genova la dinamica fluviale è riconducibile a un modello torrentizio mediterraneo, caratterizzato da bacini di limitata estensione, elevate pendenze dei versanti dell'Appennino Ligure e tempi di corrivazione brevi. In tali contesti, la risposta idrologica agli eventi pluviometrici intensi è particolarmente rapida, con incrementi significativi della potenza della corrente (stream power) e della capacità di trasporto solido, secondo i principi classici della geomorfologia fluviale (*Knighton, 1998*). Le analisi condotte sui bacini liguri e, in particolare, sul Torrente Bisagno evidenziano come gli eventi estremi rappresentino il principale fattore di riorganizzazione morfologica dell'alveo, con modificazioni rapide della geometria e della distribuzione dei sedimenti (*Faccini et al., 2015*).

Le forme di erosione prevalenti nei settori montani e collinari sono dominate dall'erosione verticale (incisione del letto), favorita dalle elevate pendenze e dalla natura litologica del substrato, che determina lo sviluppo di alvei incassati e tratti con affioramenti rocciosi. Nei tratti di fondovalle e nelle porzioni urbanizzate dei principali corsi d'acqua genovesi, quali i torrenti Polcevera e Bisagno, l'erosione laterale risulta generalmente limitata dal confinamento morfologico e dalle opere di difesa spondale; tuttavia, durante eventi di piena straordinari possono verificarsi fenomeni di scalzamento e instabilità delle sponde, in linea con quanto osservato in altri contesti fluviali italiani interessati da elevata artificializzazione e restringimento dell'alveo (*Surian e Rinaldi, 2003*).

Le forme di deposito sono strettamente connesse alla natura episodica delle piene e alla riduzione della competenza e della capacità di trasporto al termine degli eventi intensi. In ambito genovese si osservano barre ghiaiose laterali e centrali, costituite da sedimenti grossolani scarsamente selezionati e soggette a rimobilitazione ciclica. La sedimentazione avviene prevalentemente entro l'alveo inciso, data la limitata estensione delle piane alluvionali e l'elevato grado di urbanizzazione che le caratterizza. Tale condizione comporta una progressiva riduzione della sezione idraulica efficace e

un incremento della pericolosità idraulica, come evidenziato negli strumenti di pianificazione di bacino (*Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, 2020; Regione Liguria, 2021*).

Nel complesso, il sistema fluviale genovese può essere considerato un sistema caratterizzato da elevata energia e da una forte variabilità morfologica. In queste condizioni, i processi di erosione e deposizione si alternano rapidamente in seguito agli eventi meteorici più intensi, determinando un equilibrio dinamico instabile influenzato sia dai fattori naturali sia dalle modificazioni antropiche del territorio.

5.3 Carsismo

Per carsismo si intende un processo di natura chimica attraverso il quale l'acqua interagisce con rocce carbonatiche, in particolare calcari e dolomie, determinando la formazione di specifiche morfologie di erosione sia superficiali sia sotterranee, quali doline e cavità ipogee. Le aree carsiche della Liguria sono state individuate e perimetrare con la Legge Regionale n. 14/1990, che definisce come tali le zone caratterizzate dalla presenza di morfologie e fenomeni carsici superficiali, oppure da un collegamento fisico, idrogeologico e funzionale con sistemi carsici sotterranei (*Faccini et al., 2010*).

La conoscenza e la catalogazione delle cavità presenti sul territorio regionale sono affidate al Catasto Speleologico Ligure, istituito presso la Regione Liguria e gestito in collaborazione con le associazioni speleologiche operanti sul territorio, in raccordo con la Società Speleologica Italiana. Il Catasto costituisce lo strumento ufficiale di censimento, documentazione e aggiornamento delle cavità naturali, raccogliendo dati topografici, morfologici e idrogeologici fondamentali per la pianificazione territoriale, la tutela ambientale e la ricerca scientifica.

Nel territorio del Genovesato è concentrato soltanto il 4% delle aree carsiche regionali, localizzate quasi esclusivamente nell'ambito della successione triassico-liassica del monte Gazzo-Isoverde. Tale successione è costituita da un articolato complesso litologico comprendente argiloscisti, calcari, calcari marnosi, calcari selciferi, dolomie, calcari dolomitici e scisti porfirritici (*Cortesogno e Haccard, 1984*). All'interno di questa Unità sono stati riconosciuti fenomeni carsici di una certa rilevanza, oggetto di studi sin dalla metà del Novecento (*Sanfilippo, 1950; Arena e Marzio, 1974; Maifredi, 1986*), che hanno portato all'individuazione di tre distinte aree carsiche: monte Gazzo (GE33), alta valle Chiaravagna (GE34) e Isoverde (GE35). Le grotte ricadenti in tali aree risultano registrate e identificate secondo la numerazione catastale regionale, contribuendo a delineare un quadro conoscitivo sistematico del patrimonio speleologico del Genovesato.

Le aree GE33 e GE34 risultano attualmente contigue e si sviluppano lungo lo spartiacque tra la valle Chiaravagna a est e la valle Varenna a ovest, per un'estensione longitudinale complessiva di quasi 5 km; l'area GE35, invece, dista circa 6 km dalle precedenti e ricade prevalentemente al di fuori del territorio comunale di Genova.

L'assetto idrogeologico del territorio comunale risente in modo significativo dell'elevata variabilità delle caratteristiche geologiche e strutturali. L'intensa fratturazione delle masse rocciose ha favorito l'instaurarsi di una circolazione idrica profonda; tuttavia, i fenomeni carsici in senso stretto risultano complessivamente limitati e concentrati nei settori sopra descritti, quali il monte Gazzo, le località di Tuio e San Pietro ai Prati (entrambe nel bacino del Chiaravagna) e il Parco del Peralto, alle spalle del quartiere genovese di Granarolo.

Nel bacino del Chiaravagna, l'attività estrattiva, da tempo rilevante sotto il profilo economico e ambientale, ha compromesso una parte significativa dei fenomeni carsici originariamente presenti nel vasto affioramento di dolomia norica che costituisce il corpo del monte Gazzo (**Figura 25**).

Permangono tuttavia alcune cavità ancora parzialmente integre, in particolare sul suo versante sud-orientale (**Figura 26**). In considerazione della natura litologica dell'affioramento e della sua configurazione strutturale, l'area occupata dalle dolomie può essere complessivamente interpretata come caratterizzata da un regime idrogeologico carsico. Nell'area carsica sono attualmente conosciute 29 grotte per uno sviluppo totale di 1070 m (*Catasto Speleologico Ligure; s.d.*). Una situazione analoga si riscontra nelle località di Tuio e San Pietro ai Prati, dove si concentrano cavità a sviluppo prevalentemente subverticale.

Dal punto di vista morfologico, le cavità del Monte Gazzo, frequentemente intercettate nel corso delle attività estrattive, presentano uno sviluppo variabile, con alternanza di pozzi e gallerie. L'impostazione delle cavità segue preferenzialmente direttrici nord-sud e, in subordine, est-ovest, in relazione alle principali lineazioni strutturali dell'Unità tettonica (*Capponi e Crispini, 2008*). In Alta Val Chiaravagna il sistema carsico si sviluppa lungo uno stretto affioramento dolomitico delimitato dalle meta-offioliti; anche in questo caso le cavità, prevalentemente verticali, risultano condizionate dall'assetto tettonico (*Maifredi e Ribaldone, 1959*).

Di entità decisamente più modesta risulta invece il fenomeno carsico del Parco del Peralto, limitato essenzialmente alla cosiddetta "Grotta Superiore della Dragonara" (**Figura 27**), una piccola cavità situata nei pressi di Forte Begato e che si sviluppa all'interno della formazione rocciosa del Monte Antola.



Figura 25: Visuale delle cave del monte Gazzo poste in sponda destra del torrente Chiaravagna (Wikipedia).



Figura 26: Ingresso di una grotta ancora parzialmente intatta ubicata sul lato sud est del monte Gazzo (Gestionale Speleologico Ligure).



Figura 27: Ingresso della "Grotta della Dragonara" (Gestionale Speleologico Ligure).

5.4 Forme costiere

L'arco costiero ligure si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 345 km, dei quali 189 km sono costituiti da costa alta rocciosa, 41 km da litorali sabbiosi o ghiaiosi e 115 km da tratti artificializzati (*Piccazzo e Firpo, 1992; Brandolini et al., 1994*). Oltre alla varietà morfologica della linea di riva, rivestono particolare interesse, sia per l'elevata valenza paesaggistica che per il loro significato geomorfologico, i grandi terrazzamenti marini, particolarmente ben conservati nel Ponente ligure, che rappresentano la testimonianza di antichi livelli di stazionamento del mare e delle relative dinamiche eustatiche e tettoniche (*Carobene & Firpo, 2002; 2006*).

L'ambiente costiero si configura, per sua natura, come uno degli ecosistemi più fragili e dinamici, in quanto soggetto all'interazione continua tra processi marini, subaerei e interventi antropici. Nel caso del Comune di Genova, la fascia costiera risulta fortemente condizionata dalla presenza dell'area portuale, tra le più estese e rilevanti a livello nazionale, la cui progressiva espansione attraverso la realizzazione di banchine, moli e infrastrutture ha determinato nel tempo profonde modificazioni della morfologia originaria del litorale.

L'antropizzazione non si limita alle sole aree portuali, ma interessa anche i tratti di falesia, dove la presenza di edifici e infrastrutture alla sommità delle pareti rocciose e di stabilimenti balneari o altri manufatti alla base incide in modo significativo sull'equilibrio geomorfologico dei versanti costieri (*Lucchetti et al., 2014*).

Dal punto di vista dinamico, l'arretramento delle falesie si verifica quando l'energia del moto ondoso supera la resistenza meccanica della roccia; qualora, invece, l'energia incidente risulti inferiore alla resistenza del substrato, prevalgono i processi di alterazione subaerea, quali l'azione della pioggia, del vento, dell'aerosol salino, nonché fenomeni di aloclastismo e termoclastismo (*Sunamura, 1992*). L'evoluzione morfologica delle pareti rocciose costiere è pertanto il risultato dell'interazione tra processi marini e processi continentali, modulata dalle caratteristiche litologiche e strutturali del substrato.

Nel territorio genovese le falesie si sviluppano prevalentemente nel flysch di Monte Antola, costituito da calcari marnosi, marne, calcareniti, arenarie e argilliti. Tale formazione ha subito nel tempo deformazioni sia duttili (*Marini, 1981; Corsi et al., 2001*) sia fragili (*Corsi, 2003*), che determinano marcate variazioni nella giacitura degli strati lungo la linea di costa. Si possono infatti osservare assetti a reggipoggio, a franapoggio, verticali, perpendicolari o paralleli alla linea di riva nonché orizzontali, con importanti implicazioni sulla stabilità dei versanti e sulla risposta all'azione del moto ondoso.

Attualmente, forme costiere naturali ben riconoscibili sono osservabili principalmente ai due estremi del territorio comunale, in corrispondenza delle falesie di Vesima e di Nervi (**Figura 28**). Nel tratto compreso tra Voltri e Pegli si sviluppano le spiagge più estese, costituite da ciottoli e sabbia, in parte derivanti da apporti e rimodellamenti antropici. Procedendo da Pegli fino alla foce del torrente Bisagno, per una lunghezza di circa 15 km, la morfologia costiera naturale risulta invece ampiamente obliterata dalla presenza di infrastrutture portuali commerciali e turistiche, nonché di impianti industriali. Solo a partire dal settore orientale del territorio comunale si osserva una progressiva ricomparsa di elementi morfologici naturali, dapprima con spiagge di ridotta estensione e, nell'area di Nervi, con la presenza di falesie e piccole baie ancora parzialmente conservate.



Figura 28: Falesia presso la passeggiata di Genova Nervi (La Repubblica).

5.5 Forme antropiche

Tra le numerose trasformazioni antropiche è utile ricordare le opere di trasformazioni fluviali, le aree interessate da attività estrattiva (Brancucci et al., 1997; Faccini e Robbiano, 2006), le zone degradate, i versanti terrazzati e le aree urbanizzate (Faccini & Vassalli, 2008). Tra tutte queste le attività estrattive risultano particolarmente evidenti anche sotto il profilo paesaggistico. L'escavazione finalizzata alla produzione di materiali da costruzione, inerti per riporti e ripascimenti, nonché blocchi lapidei per la realizzazione di scogliere, ha infatti inciso in modo significativo sull'assetto morfologico di diversi settori vallivi.

Procedendo da ponente verso levante, le principali aree di cava (alcune dismesse, altre tuttora in attività) interessano la val Varenna, la val Chiaravagna, la val Bisagno e il settore di spartiacque tra il bacino del Fereggiano e la valle Sturla. In val Varenna l'attività estrattiva ha prodotto ampi fronti di scavo, con incisioni di centinaia di metri, rappresentando il principale fattore di impatto ambientale della vallata. In val Chiaravagna si collocano le cave del monte Gazzo, già richiamate in relazione ai fenomeni carsici, che costituiscono uno degli esempi più evidenti di trasformazione antropica del paesaggio. In val Bisagno le attività estrattive hanno interessato la sponda sinistra del torrente in prossimità del quartiere di Molassana. Ulteriori alterazioni morfologiche si riscontrano nel settore compreso tra il bacino del Fereggiano e la valle Sturla, dove, sul fianco orientale del Forte Ratti, si osservano fenomeni di ruscellamento superficiale ed erosione accelerata, riconducibili sia al disordine morfologico indotto dall'escavazione sia alla sfavorevole giacitura dei calcari marnosi.

Un intervento di particolare rilievo storico e morfologico è stato rappresentato dallo sbancamento del colle di San Benigno (Figura 29), completato nel 1929. Il rilievo, che si protendeva fino alla Lanterna separando il quartiere di Sampierdarena dal resto della città, fu quasi interamente demolito nell'ambito dei processi di riorganizzazione urbana e infrastrutturale, determinando una radicale riconfigurazione del paesaggio costiero del settore occidentale comunale.



Figura 29: Immagine storica che mostra il colle di San Benigno ancora “intatto”.

Oltre alle cave e ai grandi sbancamenti, numerose altre opere hanno contribuito alla rimodellazione del territorio. Riporti e riempimenti, spesso realizzati con materiali provenienti dalle attività estrattive, hanno consentito la creazione di nuove superfici pianeggianti, in particolare in ambito portuale e industriale (progradazione costiera), nonché la stabilizzazione di aree instabili. La discarica di Scarpino, situata sulle alture di Sestri Ponente ad un'altezza di circa 650 m sul livello del mare, rappresenta un ulteriore esempio di modificazione morfologica su scala valliva. Analogamente, la costruzione di infrastrutture viarie, autostradali e ferroviarie ha comportato la realizzazione di rilevati, trincee, gallerie e viadotti, con la creazione di scarpate artificiali che alterano in modo permanente il profilo dei versanti.

Particolarmente significativo è anche il sistema dei terrazzamenti agricoli storici (le cosiddette “fasce”), diffusi lungo numerosi versanti collinari. Essi sono stati realizzati mediante la redistribuzione di materiali detritici fini derivanti da coltri eluviali e colluviali, con la costruzione di muri a secco che hanno trasformato pendii acclivi in superfici coltivabili, modificando profondamente la morfologia originaria dei versanti e il regime idrogeomorfologico locale.

Le trasformazioni hanno interessato anche il settore costiero: gli interventi di bonifica e l'espansione dell'area portuale hanno comportato la realizzazione di imponenti arginature e riempimenti, che hanno progressivamente colmato l'antica baia portuale. Nuovi argini costieri hanno consentito la conquista di ulteriori 2,3 km² di superficie, con spessori di riempimento fino a 20 m, determinando una delle più rilevanti modificazioni morfologiche del litorale genovese (Brandolini et al., 2018a). A tali opere si affiancano strutture di difesa costiera finalizzate alla protezione dei tratti litoranei soggetti a erosione.

Alle trasformazioni superficiali si aggiungono le opere di scavo sotterraneo, rappresentate da gallerie per ascensori pubblici, linee metropolitane, infrastrutture ferroviarie e viarie, che costituiscono un ulteriore livello di artificializzazione del sottosuolo urbano (Brandolini et al., 2007a; Chelli e Pappalardo, 2008).

L'influenza antropica si è manifestata in maniera particolarmente incisiva anche sul reticolo idrografico; il Comune di Genova si caratterizza infatti per una fitta rete di rivi e affluenti minori. Nel centro storico, esteso per circa 1,13 km², sono presenti nove rivi, le cui aste risultano interamente o quasi interamente tombinate ad eccezione dei tratti più a monte (**Figure 30 e 31**). Nel corso dei secoli, i bacini minori sono stati oggetto di interventi di rettifica, copertura e canalizzazione, mentre l'urbanizzazione ha determinato l'impermeabilizzazione diffusa di superfici di piana e di versante, con rilevanti alterazioni del regime idrologico.

Le modificazioni hanno coinvolto anche i corsi d'acqua principali, in particolare il Polcevera e il Bisagno, i cui bacini presentano le percentuali più elevate di tratti coperti (rispettivamente il 23,87% e il 14,17% dell'intero reticolo coperto del territorio comunale). Nel complesso, su uno sviluppo totale di circa 915 km di corsi d'acqua, 70 km risultano arginati, 115 km coperti e 28 km canalizzati, mentre i restanti 702 km conservano prevalentemente caratteristiche naturali (Brandolini e Sbardella, 2001). Dal punto di vista geomorfologico, l'urbanizzazione modifica i sistemi fluviali in modo più drastico di qualsiasi altra attività umana. Il suo impatto sui fiumi è di interesse in quanto determina gravi problemi di instabilità geomorfologica, riduzione dei servizi ecosistemici e aumento del rischio geoidrologico (Mandarino et al., 2024).

Nel loro insieme, tali interventi testimoniano un processo di trasformazione territoriale stratificato nel tempo, che ha progressivamente modificato l'assetto geomorfologico naturale, configurando il territorio genovese come uno degli esempi più emblematici di intensa interazione tra dinamiche fisiche e pressione antropica nel contesto mediterraneo.

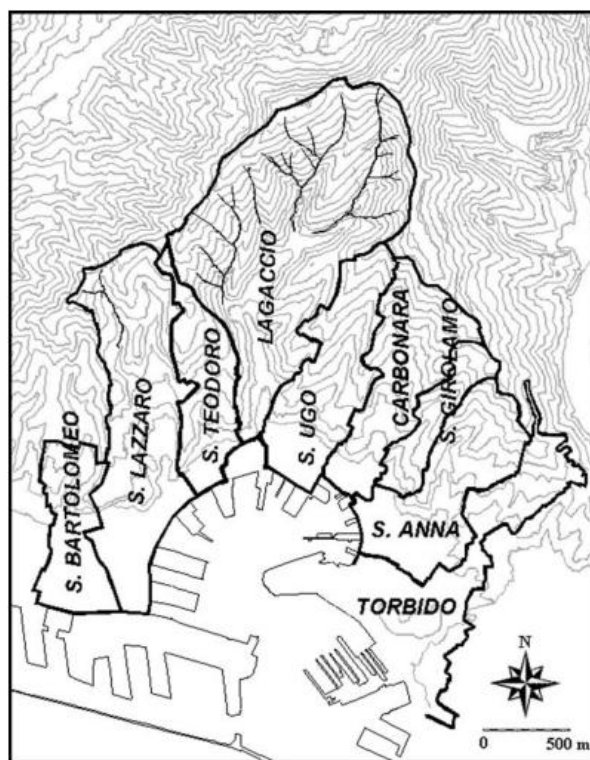


Figura 30: Delimitazione del bacino idrografico dei corsi d'acqua del centro storico di Genova (Lanza, 2003).

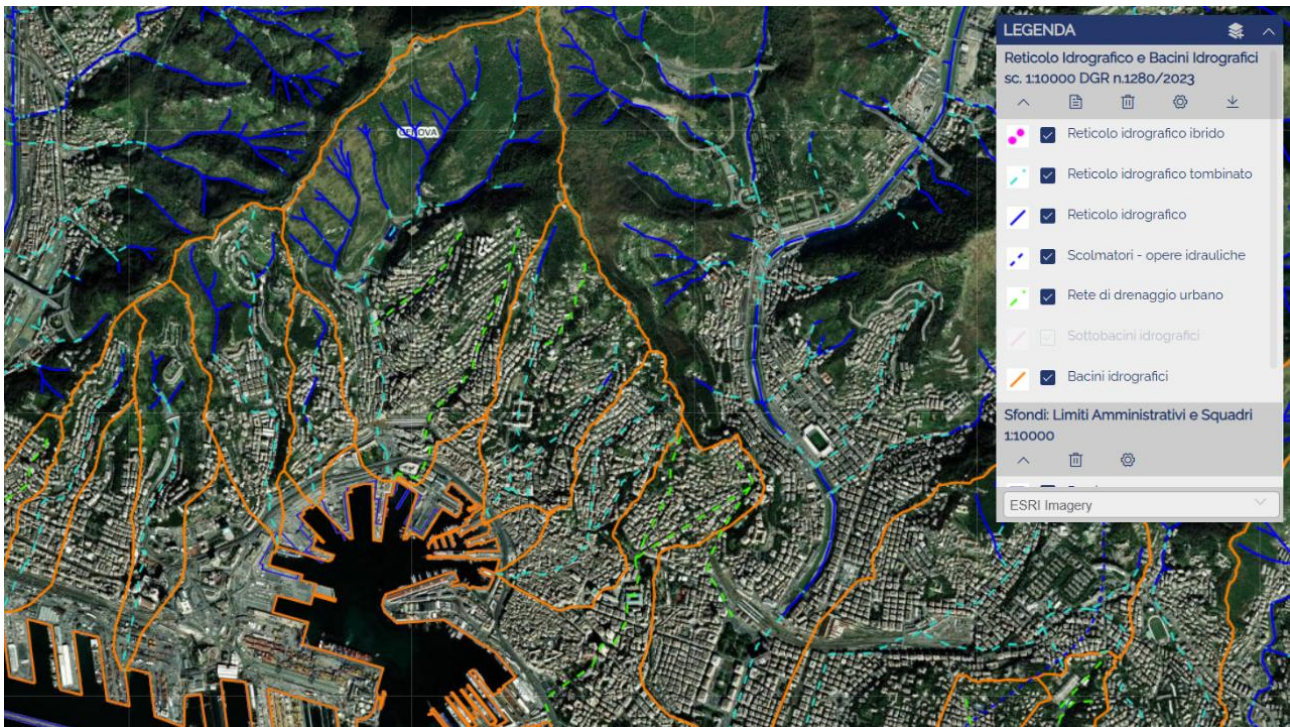


Figura 31: Reticolo idrografico dell'anfiteatro morfologico di Genova (Geoportale regione Liguria).

5.6 Uso del suolo

L'assetto dell'uso del suolo nel Comune di Genova si configura come il risultato di una lunga e stratificata interazione tra condizioni morfologiche, dinamiche socioeconomiche e processi di urbanizzazione. Tale configurazione costituisce un fattore determinante nella definizione della pericolosità e della vulnerabilità idrogeologica del territorio.

La concentrazione delle superfici urbanizzate lungo la fascia costiera e nei principali fondivalle, in particolare nei bacini del Bisagno (**Figura 32**) e del Polcevera, ha comportato un'estesa impermeabilizzazione dei suoli originariamente alluvionali. La sostituzione di superfici permeabili con coperture artificiali determina un aumento del deflusso superficiale, una riduzione dei tempi di corrivazione e un incremento delle portate di piena, amplificando la risposta idraulica agli eventi meteorici intensi.

Le modificazioni del reticolo idrografico, attuate mediante tombinamenti, rettifiche, deviazioni artificiali degli alvei e opere di arginatura, hanno ulteriormente inciso sulla dinamica fluviale, riducendo le sezioni di deflusso e trasferendo il rischio verso i tratti terminali dei bacini urbani. L'analisi comparata delle cartografie storiche degli ultimi due secoli evidenzia un progressivo aumento dell'urbanizzazione nelle pianure alluvionali lungo gli alvei fluviali, un generale restringimento delle sezioni di deflusso, nonché casi di alvei originari successivamente deviati artificialmente. Infatti, lo sviluppo urbanistico rapportato all'esigua risorsa «spazio» ha portato negli anni a un'interazione sempre più profonda e articolata con le varie componenti ambientali e, in particolare, a un progressivo avvicinamento del centro abitato agli alvei dei principali corsi d'acqua soprattutto nella loro parte terminale, in corrispondenza del raccordo con la costa, ove le sezioni di deflusso sono state progressivamente ridotte (*Brandolini et al., 1998*). Parallelamente, lungo la linea di costa si osserva una progradazione artificiale della pianura costiera verso mare, conseguente alla realizzazione di argini e riporti finalizzati all'espansione urbana e portuale. Tali trasformazioni hanno prodotto in molti settori una vulnerabilità significativamente più elevata rispetto alle condizioni storiche.



Figura 32: La diffusa urbanizzazione che interessa la parte finale della piana alluvionale del torrente Bisagno (Google Earth).

L'interazione tra reticolo idrografico, sistemi vegetazionali, assetto insediativo, funzioni produttive e infrastrutture rappresenta un elemento chiave per comprendere l'evoluzione delle condizioni di stabilità territoriale. La pianificazione e la gestione integrata di tali componenti risultano fondamentali per la mitigazione delle situazioni di instabilità e degrado, nonché per promuovere interventi di rinaturalizzazione e consolidamento delle superfici boscate.

Nei versanti collinari e montani, l'uso del suolo esercita un ruolo altrettanto significativo nei processi di instabilità. I terrazzamenti agricoli storici (**Figura 33**) hanno rappresentato per secoli un efficace sistema di stabilizzazione dei pendii, contribuendo alla regolazione del deflusso superficiale e alla gestione delle dinamiche erosive. Tuttavia, il progressivo abbandono delle pratiche agricole (fenomeno ampiamente diffuso in Liguria) comporta il degrado dei muri a secco e delle opere di regimazione, favorendo l'innescò di processi erosivi, colamenti detritici e frane superficiali. I boschi sorti spontaneamente negli ultimi decenni in seguito a questo processo di abbandono progressivo sono generalmente aree impenetrabili a causa di rovi e fitti cespugli che creano veri e propri 'vuoti urbani' e non aree verdi a disposizione della collettività. Inoltre, l'espansione di formazioni forestali su terreni precedentemente agricoli e l'abbandono di molte tipologie boschive provoca spesso perdita di biodiversità, a causa del predominio di specie infestanti (*Varotto, 2017*). Nel caso di Genova, ad esempio, la rinaturalizzazione rappresenta più un sinonimo di abbandono e mancata pianificazione che di volontà di riaccogliere spazi verdi in città (*Quaini, 1992; Cevasco, 2014; Traldi, 2014; Moreno et al., 2019*). Le conseguenze non si limitano alle superfici direttamente interessate dall'abbandono, ma si estendono anche alle aree di fondovalle, dove l'aumento del carico solido e del deflusso superficiale può contribuire ad accrescere la pericolosità idraulica.



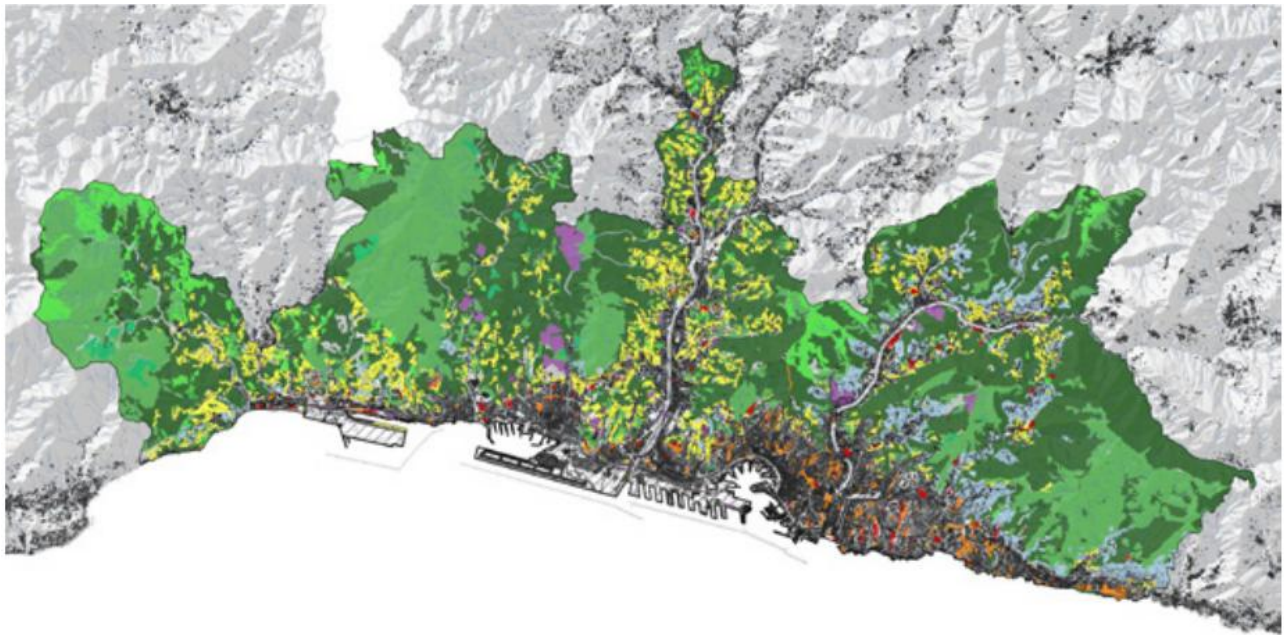
Figura 33: Terrazzamenti nel Comune di Genova (Wikipedia).

La progressiva urbanizzazione delle pianure alluvionali e delle aree collinari, accompagnata da un marcato incremento demografico (particolarmente evidente nel corso degli anni Settanta) e dall'espansione delle infrastrutture, ha ulteriormente ridotto le sezioni di deflusso disponibili. Tale processo si traduce in una significativa diminuzione dei tempi di concentrazione delle acque meteoriche e in un aumento complessivo della vulnerabilità territoriale. In un contesto morfologicamente caratterizzato da bacini di piccole dimensioni e pendenze accentuate, la combinazione tra elevata impermeabilizzazione, alterazione del reticolo idrografico e instabilità dei versanti determina un sistema urbano particolarmente sensibile agli eventi meteorici intensi.

Nel complesso, la distribuzione dell'uso del suolo nel territorio genovese evidenzia una stretta interdipendenza tra trasformazioni antropiche e dinamiche geomorfologiche. L'analisi dell'uso del suolo assume pertanto un valore non solo descrittivo, ma interpretativo, costituendo uno strumento

essenziale per comprendere la genesi delle condizioni di rischio idrogeologico e per orientare strategie di mitigazione e pianificazione territoriale integrate.

La Carta relativa all'uso del suolo della Liguria (**Figura 34**) è uno strumento cartografico che rappresenta lo stato attuale dell'utilizzo del territorio. È stata realizzata a partire dal 1996 allo scopo di monitorare l'evoluzione del paesaggio della Regione Liguria, sia per quanto riguarda la parte relativa alle classi dell'antropizzato, sia per quelle relative alle zone agricole, forestali e del corpo idrico. Il SITAR (Sistema Informativo Territoriale Ambientale Regionale) realizza l'aggiornamento della cartografia dell'uso del suolo con cadenza mediamente triennale tramite fotointerpretazione su immagini aeree e satellitari coadiuvata dai contributi delle altre cartografie correlate della banca dati regionale (*Geoportale Regione Liguria, Uso del suolo e tipi forestali*).



0 2.5 5 km



Figura 34: Carta relativa all'uso del suolo nel territorio comunale (Geoportale Regione Liguria).

6. Metodologie di lavoro e strumenti

Nei paragrafi seguenti si affronta il nucleo centrale del presente lavoro. In una prima fase viene descritta la struttura e il funzionamento del sistema di Protezione Civile a livello comunale; successivamente vengono approfonditi i concetti di rischio e pericolosità, spesso utilizzati impropriamente come sinonimi ma distinti sul piano scientifico, che costituiscono la base teorica sia del censimento dei rischi naturali sia del Questionario sulla percezione del rischio somministrato alla popolazione genovese.

6.1 Protezione Civile e Piano di Protezione Civile Comunale

In Italia, la Protezione Civile è un compito assegnato e svolto grazie al Servizio Nazionale della Protezione Civile, un sistema integrato di enti e persone, sia pubblici che privati, che opera per tutelare la vita, i beni, gli insediamenti e l'ambiente dai danni o dal pericolo di danni derivanti da calamità naturali, catastrofi o altri eventi calamitosi. Il sistema svolge a tutti i livelli territoriali attività di previsione, prevenzione, mitigazione dei rischi, gestione e superamento dell'emergenza, ponendosi come obiettivi principali l'analisi del territorio e i rischi a cui potrebbe essere soggetto, la definizione di misure volte a evitarne o ridurne le possibili conseguenze e in caso di emergenza, il soccorso e l'assistenza alla popolazione.

A livello comunale la Protezione Civile svolge un ruolo fondamentale, poiché per il principio di sussidiarietà il Comune garantisce la prima risposta all'emergenza che si dovesse verificare sul territorio. Il Sindaco, in qualità di autorità territoriale di Protezione Civile, è responsabile di tutte le attività di Protezione Civile sul territorio comunale, tra cui l'adozione di provvedimenti contingibili ed urgenti per prevenire pericoli per l'incolumità pubblica, l'informazione e l'assistenza alla popolazione, e, qualora l'evento non potesse essere fronteggiato con i mezzi a disposizione del comune, è il Sindaco stesso che effettua richiesta di intervento di forze e strutture regionali alla Regione o nazionali al Prefetto.

Al fine di definire in maniera efficace le attività di Protezione Civile sul territorio, il Comune approva e attiva uno strumento estremamente importante ovvero il **Piano di Protezione Civile Comunale**, un documento che definisce il modello di intervento, i soggetti coinvolti, i flussi comunicativi e le procedure per gestire e affrontare le emergenze nel territorio comunale. Il modello operativo prevede tre Fasi Operative Comunali, corrispondenti a stati di attivazione delle risorse comunali in funzione dello scenario di rischio previsto o in atto:

1. **Fase di attenzione**, in cui viene monitorato ciò che accade sul territorio e contemporaneamente vengono preparate le risorse per l'intervento;
2. **Fase di preallarme**, in cui viene intensificato il monitoraggio sul territorio con possibili azioni localizzate di mitigazione del rischio e conseguente comunicazione alla popolazione sull'evoluzione dell'evento;
3. **Fase di allarme**, in cui vengono attivate tutte le azioni possibili per contenere la situazione di pericolo e, se necessario, per soccorrere la popolazione.

Il Piano di Protezione Civile Comunale è lo strumento necessario ad accrescere in tempo ordinario la consapevolezza del rischio, organizzare le risorse umane e strumentali disponibili e garantire il raccordo tra amministrazioni ed enti, sulla base di una strategia condivisa. Esso viene aggiornato con cadenza periodica e nelle attività di revisione viene garantita la partecipazione dei cittadini, singoli e associati, al fine di condividere le misure più efficaci, e un'adeguata informazione e comunicazione

alla popolazione, sia preventiva che in corso di evento, per mezzo di vari strumenti, tra cui pannelli luminosi a messaggio variabile, sito internet, social network, servizi di comunicazione specifici, sistemi di diffusione sonora, radio e televisioni locali.

6.2 Pericolosità e rischio

Il censimento dei rischi naturali portato avanti in questo elaborato consente di ottenere un database che ha importanti applicazioni in termini di Protezione Civile poiché consente di comprendere il livello di rischio effettivo sul territorio.

Innanzitutto, occorre definire il significato di “rischio” distinguendolo dal concetto di “pericolosità”: il **rischio** è un termine che prende in considerazione il danno che un evento naturale può provocare alle vite umane ed alle attività antropiche. In sostanza tiene conto degli effetti che esso avrà, sia in termini di perdita di vite umane che in termini di danno economico e danneggiamento delle infrastrutture, mentre la **pericolosità** rappresenta la probabilità che un dato evento accada in un certo intervallo di tempo in una determinata area. Spesso questi due termini vengono erroneamente utilizzati come sinonimi ma in realtà hanno significati ben diversi; infatti, ad esempio, una zona ad elevata pericolosità sismica nella quale però non ci siano centri abitati né infrastrutture (ad esempio un deserto), avrà un rischio sismico nullo perché anche se un terremoto molto forte si verificasse non produrrebbe danni a persone né cose.

La definizione del concetto di “rischio” è regolata da una equazione:

$$R = P \times V \times E$$

dove **R** è il rischio, ovvero il valore atteso di perdite (tra cui vite umane, danni alle proprietà e alle attività economiche) dovute al verificarsi di un evento di data intensità in una particolare area e in un determinato periodo di tempo. **P** rappresenta invece la pericolosità, ovvero la probabilità di accadimento all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo di un fenomeno naturale. **V** è la vulnerabilità, ossia il grado di capacità di un sistema/elemento di resistere all'evento naturale. Con **E** infine si intendono gli elementi esposti ossia persone e/o beni e/o attività esposte a un evento naturale.

Entrando maggiormente nello specifico la Protezione Civile si adopera tra rischio reale e rischio percepito.

Il **rischio reale** è una misura oggettiva degli effetti del verificarsi di un pericolo, basata su dati ed evidenze scientifiche.

Il **rischio percepito** invece è una valutazione soggettiva influenzata da fattori riguardanti per lo più la sfera personale e culturale.

Ai fini di questo lavoro di tesi:

- il rischio reale è rappresentato dal censimento degli eventi, dal 1990 ad oggi, correlati ai principali rischi naturali a cui storicamente è soggetto il territorio del comune di Genova. A seconda della categoria di rischio presa in considerazione sono state utilizzate diverse fonti tra cui gli Allegati Tecnici del Piano di Bacino della regione Liguria per il censimento degli eventi franosi, i Rapporti di Evento prodotti da ARPAL per quanto concerne soprattutto inondazioni, alluvioni e mareggiate, il servizio di previsione degli incendi della regione Liguria (SPIRL) e infine il catalogo del Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV) per la parte sismica. In aggiunta a ciò, sono state utilizzate anche fonti

giornalistiche locali via web per integrare maggiori informazioni laddove queste fossero mancanti o carenti. Sono state considerate le seguenti tipologie di rischi naturali:

- **Rischio Frana**
- **Rischio Alluvione**
- **Rischio Incendio**
- **Rischio Mareggiata**
- **Rischio Sismico**

- il rischio percepito è stato analizzato tramite i risultati del *Questionario di percezione del rischio* implementato dalla Protezione Civile del Comune di Genova.

6.2.1 Rischio reale: censimento eventi 1990-oggi

Nei sottocapitoli successivi si presentano i principali risultati del censimento effettuato consultabile per intero nelle appendici dei documenti.

6.2.1.1 Rischio frana

Per frana si intende il movimento di una massa di roccia, terra o detrito lungo un versante. Questo fenomeno è regolato da fattori predisponenti e fattori innescanti: i primi sono fattori intrinseci che predispongono le condizioni di instabilità del versante mentre i secondi sono fattori rapidi e improvvisi, spesso esterni, che fanno scattare il movimento franoso. È noto che la genesi di tali eventi è favorita sia da fattori naturali, quali le caratteristiche climatiche locali, la ridotta estensione dei bacini idrografici e l'elevata acclività dei versanti che da fattori antropici quali, da un lato, l'intensa edificazione nelle aree di fondovalle e nella fascia pedemontana e, dall'altro, le modificazioni dell'uso del suolo con abbandono delle tradizionali pratiche agricole lungo i versanti, anticamente terrazzati (*Brandolini & Ramella, 1994; 1998*).

In Italia il progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) si occupa, a partire dal 2000, del censimento sistematico e standardizzato degli eventi di dissesto. Questo progetto è realizzato dall'ISPRA in collaborazione con regioni e province autonome e ha portato al censimento di oltre 620.000 frane su tutto il territorio nazionale. L'IFFI si occupa di censire non solo le frane attuali ma anche quelle antiche e per quanto riguarda la Liguria le attività di aggiornamento al 2005 hanno condotto al censimento complessivo di 7.513 frane sull'intero territorio regionale, delle quali 5.334 ricadono in ambito tirrenico e 2.179 in ambito padano. La superficie interessata da fenomeni di instabilità dei versanti ricopre oltre 424 km², pari a una frazione di circa l'8% dell'estensione complessiva del territorio regionale (*Gorziglia et al., 2006*).

Le frane nel comune di Genova sono un fenomeno complesso che vede prevalere la presenza di paleofrane che, in seguito a fattori innescanti come le precipitazioni meteoriche, possono essere soggette a fenomeni di riattivazione superficiale. Gran parte degli insediamenti di versante è realizzato su forme riconducibili a grandi frane relitte per via della minore acclività, per la presenza d'acqua e di un suolo più facilmente lavorabile, ma spesso sono soggette a riattivazione e pertanto da ritenersi come un ambito piuttosto vulnerabile (*Maifredi e Nosengo, 1975; Brancucci et al., 1982*). Non mancano nemmeno eventi di neoformazione anche se generalmente questi ultimi presentano estensioni ridotte. Da precisare il fatto che tra i dissesti censiti non sono stati presi in considerazione i cedimenti di muri e strutture di sostegno ma solo le frane in senso stretto.

Poiché l'intervallo temporale considerato nel presente lavoro di tesi copre gli ultimi 35 anni, i dissesti analizzati risultano interamente riconducibili a fenomeni di neoformazione. Nel territorio comunale

sono stati censiti almeno 185 episodi nel periodo in esame; di seguito viene presentato un quadro riassuntivo degli stessi, organizzato in funzione dei rispettivi bacini idrografici.

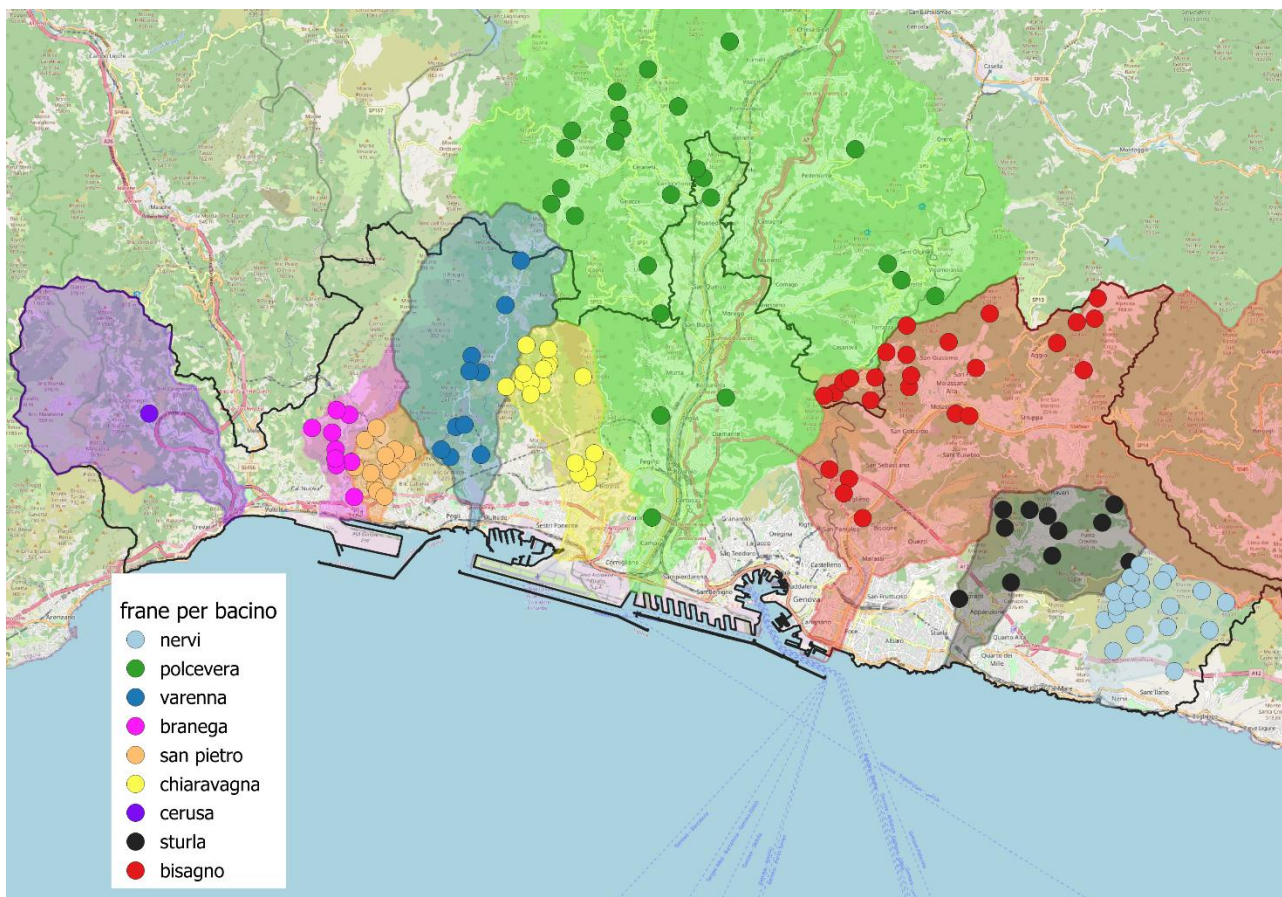


Figura 35: Eventi franosi all'interno del Comune di Genova suddivisi per bacino idrografico.

Il censimento effettuato comprende:

- Bacino del torrente Cerusa: 1 evento di dissesto
- Bacino del torrente Branega: 12 eventi di dissesto
- Bacino del torrente San Pietro: 18 eventi di dissesto
- Bacino del torrente Varenna: 12 eventi di dissesto
- Bacino del torrente Chiaravagna: 26 eventi di dissesto
- Bacino del torrente Polcevera: 39 eventi di dissesto
- Bacino del torrente Bisagno: 39 eventi di dissesto
- Bacino del torrente Sturla: 15 eventi di dissesto
- Bacino del torrente Nervi: 23 eventi di dissesto

Tramite l'ausilio del software QGIS è stata realizzata la mappa (Figura 35) che mostra la distribuzione areale degli eventi franosi censiti, anche se non è stato possibile inserire tutte le frane poiché in certi casi le informazioni erano troppo carenti. Il territorio comunale è soggetto ad una pericolosità da frana molto elevata dovuta soprattutto alla sua morfologia collinare/montuosa abbinata alla frequenza di fenomeni precipitativi violenti; e questo rende il rischio decisamente significativo con oltre 135.000 persone (a fronte di circa 565.000 abitanti) che attualmente vivono in aree a rischio frana secondo i dati ISPRA.

Sussiste in Liguria un sistema di allertamento idrogeologico/idraulico basato su una suddivisione territoriale in cinque aree denominate A, B, C, D, E ad ognuna delle quali viene assegnato un codice colore (verde, giallo, arancione e rosso) corrispondente a diversi livelli di allerta basati sul grado di estensione degli effetti al suolo.

Di seguito si riportano tre immagini che mostrano le tipologie di dissesto più frequenti nel Comune di Genova (**Figure 36, 37 e 38**): smottamenti, scivolamenti superficiali e frane di crollo.



Figura 36: Smottamento di natura complessa presso il bacino del torrente Chiaravagna (Piano di bacino, stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Chiaravagna).

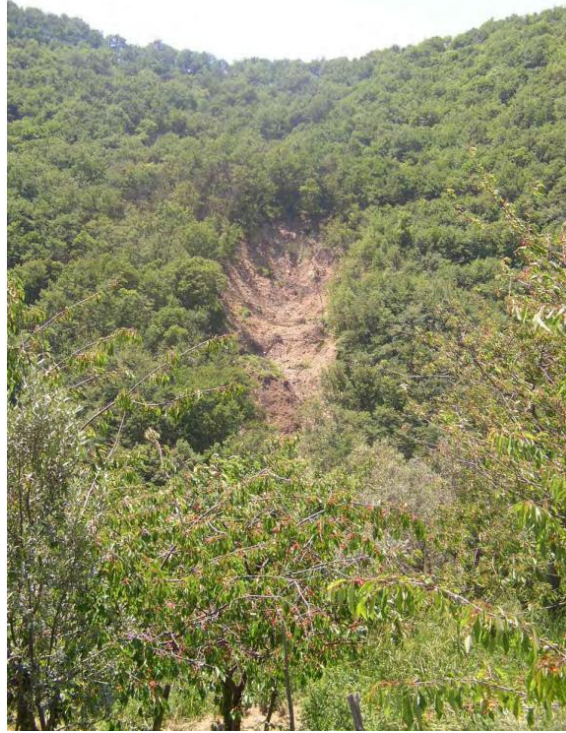


Figura 37: Scivolamento superficiale presso il sottobacino Trensasco-Moinasso (Piano di bacino, stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Bisagno).



Figura 38: Frana di crollo di via Posalunga a Genova avvenuta il 24 dicembre 2022 (Il Secolo XIX).

6.2.1.2 Rischio alluvione

Le alluvioni sono tra le manifestazioni più tipiche del dissesto idrogeologico; si verificano quando le acque di un fiume non vengono contenute dalle sponde e si riversano nella zona circostante arrecando danni a edifici, insediamenti industriali, vie di comunicazione e zone agricole. Tuttavia, in Italia può manifestarsi anche un altro tipo di alluvione, ovvero quando precipitazioni violente si abbattano su bacini idrografici di piccole dimensioni determinando piene improvvise facilitate anche dall'orografia locale. È questo il caso prevalente in Liguria e, ovviamente, anche del comune di Genova. In termini di carattere meteorologico, questi eventi sono tutti correlati a un anticiclone di blocco che crea un flusso prefrontale nel ramo caldo della perturbazione proveniente dall'Oceano Atlantico, che genera sistemi convettivi responsabili di precipitazioni estremamente intense e localizzate, sufficienti a generare alluvioni improvvise (Russo e Sacchini, 1994; Faccini et al., 2015a).

Il territorio ligure è sempre stato soggetto a eventi geo-idrologici, come testimoniano i documenti di cronaca storica e gli annali dell'antica Repubblica di Genova. Negli ultimi tempi si è assistito a un aumento di tali eventi, che sempre più spesso comportano danni economici e perdite di vite umane (Faccini et al., 2017).

Il rischio alluvione, poiché facente parte dei rischi meteo idrologici, rientra all'interno del sistema di allertamento citato anche per il rischio frana.

A partire dal 1990 si sono registrati all'interno del territorio comunale ben 18 eventi in grado di arrecare danni diffusi e in alcuni casi anche vittime; più nello specifico si possono distinguere cinque eventi di stampo alluvionale (27 settembre 1992, 23 settembre 1993, 4 ottobre 2010, 4 novembre 2011 e 9 ottobre 2014) responsabili di aver generato un forte impatto anche a livello sociale mentre i rimanenti episodi possono essere classificati come "allagamenti" in quanto rientrano maggiormente all'interno della normalità meteorologica genovese.

Alluvione 27 Settembre 1992

Tra gli eventi alluvionali che hanno interessato il territorio comunale di Genova nel periodo recente, l'episodio del 27 settembre 1992 rappresenta un caso particolarmente significativo per intensità pluviometrica ed effetti sul tessuto urbano. Particolarmente colpite furono le località del ponente genovese (Voltri, Prà, Pegli, Multedo, Sestri Ponente, Cornigliano, Campi e Pontedecimo) e i quartieri di Staglieno Marassi e Foce. Furono registrati ben 430 millimetri misurati dalla stazione meteo dell'università di Genova posta in villa Cambiaso (zona Albaro), 360 mm a Bolzaneto, 300 mm a Sestri Ponente (dati Ispra). La risposta idrologica dei bacini urbani, in particolare del Bisagno e dei suoi affluenti minori, fu estremamente rapida, determinando esondazioni diffuse nei settori di fondovalle e allagamenti nei quartieri maggiormente urbanizzati (**Figura 39**). Si ricorda che 1 mm di pioggia equivale a 1 litro d'acqua per metro quadrato. Persero la vita 2 persone, ci furono 3 dispersi e danni numerosi in tutta la provincia.



Figura 39: Allagamenti a Genova a seguito dell'episodio alluvionale del 27 settembre 1992.

Alluvione 23 Settembre 1993

A distanza di un anno dall'evento del 1992, un'altra devastante alluvione colpì il comune di Genova. Le precipitazioni si concentrarono soprattutto tra le ore 4 e le 15 del 23 Settembre, colpendo particolarmente il ponente e raggiungendo picchi di accumulo fino a 800 mm a San Carlo di Cese, alle spalle di Pegli. I quartieri di Pegli, Prà e Voltri furono allagati dai rispettivi torrenti (Varenna, Branega, Leira, Cerusa); mentre in centro, dove nel giro di dieci ore caddero 480 mm sulle prime colline, tracimò il Bisagno. Danni ingenti furono registrati anche in Val Polcevera: nel quartiere di Pontedecimo la forza del torrente Verde portò al crollo di due ponti. Anche in questo caso si conteggiarono 2 morti e 3 dispersi.

Alluvione 4 Ottobre 2010

L'alluvione di Genova del 4 ottobre 2010 si è verificata come spesso accade a causa di un temporale marittimo autorigenerante che ha colpito con estrema violenza una zona relativamente ristretta compresa tra il ponente cittadino e la zona di Varazze. Ha provocato l'esondazione dei torrenti Chiaravagna, Cantarena e Molinassi nella delegazione di Sestri Ponente (**Figura 40**), una vittima ed ingenti danni materiali. La cella temporalesca formatasi nella prima mattina del 4 ottobre, ha inizialmente stazionato per alcune ore (tra le 4 e le 8 del mattino) nella zona di Varazze, riversando a terra quasi 300 mm d'acqua e causando così l'esondazione dei maggiori torrenti e diversi smottamenti sulle colline della zona; dopodiché si è trasferita verso est, mettendo sotto torchio i quartieri del ponente cittadino (soprattutto Pegli e Sestri Ponente) e la val Polcevera, dove ha scatenato tutta la sua potenza causando una vera alluvione lampo. In circa cinque ore, tra le 8 e le 13, sono caduti oltre 400

mm d'acqua sulle alture di Sestri Ponente, 380 mm su quelle di Pegli e circa 300 sulla bassa val Polcevera. In seguito alle intense precipitazioni, nel primo pomeriggio esondarono i torrenti Chiaravagna, Cantarena e Molinassi; quasi tutta la parte bassa di Sestri Ponente e di Multedo venne allagata: subirono danni negozi, box, scantinati, piazze e strade. Un operaio delle vicine cave del Monte Gazzo precipitò insieme ad un terrapieno ingoiato dalla furia delle acque del torrente Chiaravagna e venne ritrovato pochi giorni dopo nel mare antistante a Sestri Ponente: fu l'unica vittima dell'evento alluvionale.



Figura 40: Automobili accatastate dalla piena del torrente Molinassi a Sestri Ponente - 4 ottobre 2010.

Alluvione 4 Novembre 2011

La mattina del 4 novembre un potente temporale autorigenerante si accanì sui quartieri orientali genovesi e in particolare sul bacino del torrente Fereggiano, portando qui accumuli pluviometrici da capogiro (fino a 500 mm di pioggia in 4-5 ore). Intorno alle 13 avvenne la devastante esondazione del Fereggiano (**Figura 41**), affluente di sinistra del Bisagno, che fece sì che la strada si trasformò in un vero e proprio fiume in piena alto oltre un metro che spazzò via decine e decine di automobili e moto, allagando androni e negozi. Occorre ricordare che il torrente Fereggiano ha il letto coperto per gran parte del suo percorso in quanto attraversa un'area fortemente urbanizzata. Morirono sei persone. Nel frattempo, poco prima delle 14, il Bisagno esondò nella sua sponda destra presso Borgo Incrociati allagando diverse zone della città con l'acqua che sommerse anche il tratto iniziale della centralissima via XX Settembre. Questo episodio di maltempo determinò inoltre le piene dei torrenti Sturla, Scrivia ed Entella. Fu in occasione di questo evento che venne registrato anche il record italiano di precipitazione oraria: 181 mm/h a Vicomorasso, nel comune di Sant'Olcese.



Figura 41: L'esondazione del torrente Fereggiano il 4 novembre 2011.

Alluvione 9 Ottobre 2014

A differenza dell'evento del 2011 gli accumuli pluviometrici risultano meno ingenti e distribuiti su un arco maggiore di tempo; ciò che ha fatto la differenza in negativo in questo caso è stato che si è arrivati al 9 ottobre in condizione di terreni già ampiamente saturi (e quindi non in grado di assorbire acqua piovana) in quanto persistenti precipitazioni si verificarono già i giorni precedenti, inoltre l'annata era già risultata eccezionalmente piovosa.

Questa alluvione è stata causata dalle ingenti precipitazioni portate dal consueto sistema temporalesco autorigenerante del periodo autunnale (395 mm in 24 ore), L'evento atmosferico ha interessato molte delle zone più popolate di Genova, tra cui i quartieri della media e bassa val Bisagno, di Molassana,

Staglieno, Marassi, Quezzi, San Fruttuoso, e moltissime zone del centro cittadino tra cui la stazione di Genova Brignole, la zona di Borgo Incrociati, il quartiere della Foce e molti punti del centro storico. Il rio Fereggiano, già responsabile dell'alluvione del 2011, esonda e allaga la zona di via Fereggiano e di corso Sardegna. Le acque del torrente Bisagno raggiungono i quasi due metri di altezza fuori-argine, e trascinano molte auto incastrandole nei pressi dei tunnel pedonali e stradali accanto alla stazione Brignole. Come nell'alluvione 2011 e nelle varie precedenti, l'acqua invade anche la seconda parte verso valle di via XX Settembre (**Figura 42**). Fu l'esondazione del Bisagno a causare una vittima: un uomo di 57 anni.



Figura 42: L'esondazione del torrente Bisagno il 9 ottobre 2014.

Allagamenti 15 Novembre 2014

L'evento meteorologico che ha interessato la Liguria il 15 novembre 2014, associato ad un passaggio frontale in spostamento da ovest verso est ed alla stazionarietà di una struttura temporalesca sul settore centrale della regione, ha fatto registrare piogge con quantitativi localmente fino a molto elevati e intensità molto forti su gran parte del territorio ed in particolare sul Ponente e la parte centrale della regione. In questa giornata si è verificato un episodio alluvionale differente dai precedenti poiché non è stato causato da un singolo temporale autorigenerante ma da un gran numero di violenti e ripetuti temporali che si sono abbattuti sulla Liguria centro occidentale e in particolare sul genovese di ponente. Difficilmente negli annali si è avuta un'estensione di piogge alluvionali durante un singolo evento da Ventimiglia a Genova in maniera pressoché contemporanea, con accumuli diffusi compresi tra 100 e 250 mm (**Figura 43**). Bisagno e Fereggiano arrivano al limite della loro capienza ma questa volta gli argini tengono e Brignole non viene inondata come successo solo poche settimane prima.

Straripano tuttavia il Cerusa e persino il Polcevera (per un breve tratto a Pontedecimo). A Mignanego un uomo muore per salvare la sua auto venendo trasportato dalla veemenza dell'acqua.

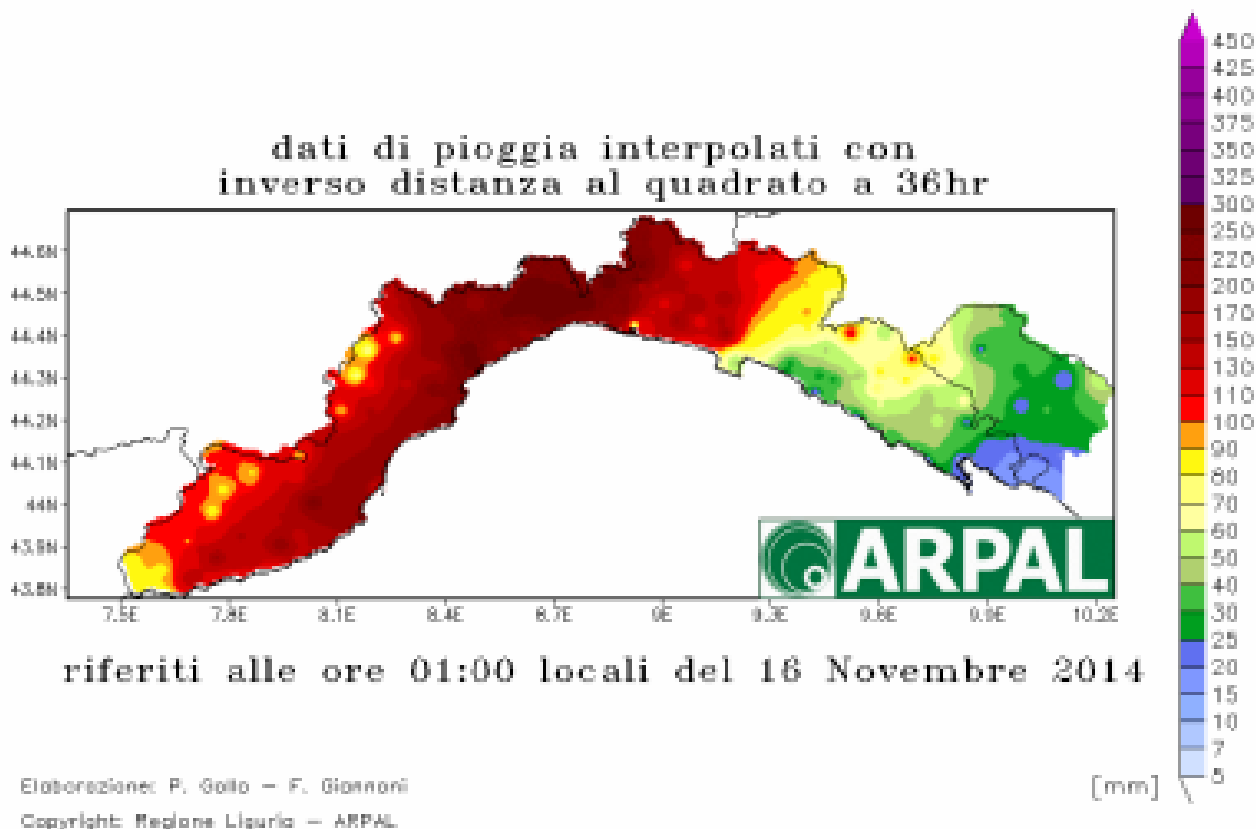


Figura 43: *Quantitativi pluviometrici cumulati in 36 ore tra 15 e 16 novembre 2014 in Liguria. Da notare l'enorme estensione dell'areale interessato da accumuli > 100 mm (ARPAL, Rapporto di evento meteoroidrologico del 15/11/2014).*

Allagamenti 23-24 novembre 2019

L'evento meteo-idrologico del 23-24 novembre ha causato danni riconducibili a numerose esondazioni, più o meno localizzate a seconda delle zone interessate dell'evento, dovute sia al reticolo idrografico minore sia ai più grandi corsi d'acqua rimasti per circa 24-36 ore su livelli idrometrici critici; tutto questo in un contesto di diffuso ruscellamento superficiale delle acque, non più recepite dai terreni ovunque saturi per le piogge/nevicate dei 45-60 giorni precedenti. Tale scenario è riconducibile al transito di una perturbazione caratterizzata da piogge diffuse e persistenti per 24-36 ore con frequenti intensificazioni dei fenomeni legati a locali convergenze di venti sul Centro e sul Ponente della Liguria. Nel corso del 23 e del 24 novembre, numerose esondazioni ad opera di rii minori si sono registrate tra il Medio Ponente Genovese e il Savonese in un contesto di massimi livelli idrometrici raggiunti dai maggiori corsi d'acqua di poco inferiori alle soglie di esondazione. In diverse stazioni del centro della regione nel corso della durata dell'intero evento si sono registrate precipitazioni superiori a 400 mm. A Genova straripano i rii Ruscarolo e Fegino provocando disagi e danni ad abitazioni e negozi nelle zone di Borzoli e Fegino con allagamenti ingenti in tutta la val Polcevera. Decine e decine di frane interrompono numerose strade in tutta la Liguria lasciando isolate centinaia di persone.

Allagamenti 27–28 agosto 2023

Tra la serata del 27 e la mattinata del 28 agosto ripetuti e violenti temporali hanno interessato tutta l'area genovese facendo sì che le maggiori criticità al suolo si registrassero in particolare sul Centro della regione. Importanti e diffusi allagamenti hanno interessato numerosi quartieri cittadini della città di Genova compresi tra la Valpolcevera/Cornigliano e Nervi passando per il centro cittadino, la Medio/Bassa Val Bisagno e i quartieri costieri del Medio Levante cittadino. Segnalati allagamenti di numerosi sottopassi cittadini così come l'allagamento della stazione di Genova Piazza Principe. Alcuni piccoli rii cittadini (Rio Lagaccio, Rio Priaruggia) hanno raggiunto livelli critici con il superamento o quasi della soglia di esondazione.

Allagamenti 7-8 ottobre 2024

Una struttura temporalesca organizzata e semi-stazionaria di tipo prefrontale ha interessato il centro della regione tra il 7 e l'8 ottobre e in conseguenza di ciò si sono verificati importanti allagamenti nella città di Genova, soprattutto nelle zone di Sampierdarena, Cornigliano e Sestri Ponente e più a monte in val Polcevera. Gli allagamenti hanno interessato diverse sedi stradali, sottopassi, scantinati e reso necessario persino lo sgombero di uno stabile (salita Majorca). Si segnala in particolare l'esondazione del rio Fegino (affluente in destra orografica del Polcevera), oltre a incrementi repentini di livello idrometrico di torrenti come il Varenna e Chiaravagna e di altri rii minori quali i torrenti Riccò e Torbella (val Polcevera), rii Ruscarolo, Cantarena e Molinassi (Sestri Ponente).

6.2.1.3 Rischio incendio

La Liguria è caratterizzata da un'orografia notevolmente tormentata, con versanti che spesso risultano particolarmente scoscesi. Le eccezioni sono rappresentate unicamente dalle ridotte piane alluvionali lungo i principali fiumi e torrenti della regione. Decisamente significativo è il dato secondo cui la superficie boscata riveste una quota tra il 71 e il 73 % della superficie regionale, il che rende la Liguria la regione più boscosa d'Italia rispetto alla propria superficie. La presenza di boschi che lambiscono le periferie delle città e dei paesi rende molto elevato il rischio di incendi di interfaccia ovvero incendi che non interessano solo il bosco, ma arrivano a lambire le abitazioni e le infrastrutture di comunicazione creando grave rischio per l'incolumità della popolazione (*Regione Liguria, 2024, Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi*).

A livello regionale, se si osservano i dati relativi agli incendi occorsi nella finestra temporale disponibile più estesa, corrispondente al periodo 1987-2022 si può osservare una progressiva e notevole riduzione del numero di incendi (**Figura 44**), ad eccezione di alcune anomalie come quella occorsa nell'anno 2017 in cui si sono verificati 336 incendi dovuti ad una situazione climatica particolare di forte vento e umidità relativa molto bassa persistente nel tempo che ha portato in soli 15 giorni, dal 13 gennaio al 27 gennaio, ad avere 61 incendi (pari al 18% degli incendi annuali). La tendenza degli ultimi anni è comunque positiva, nonostante annualmente ci sia una certa variabilità sia nel numero di incendi che nella superficie percorsa dal fuoco.

Incendi 1987-2022: frequenze annue

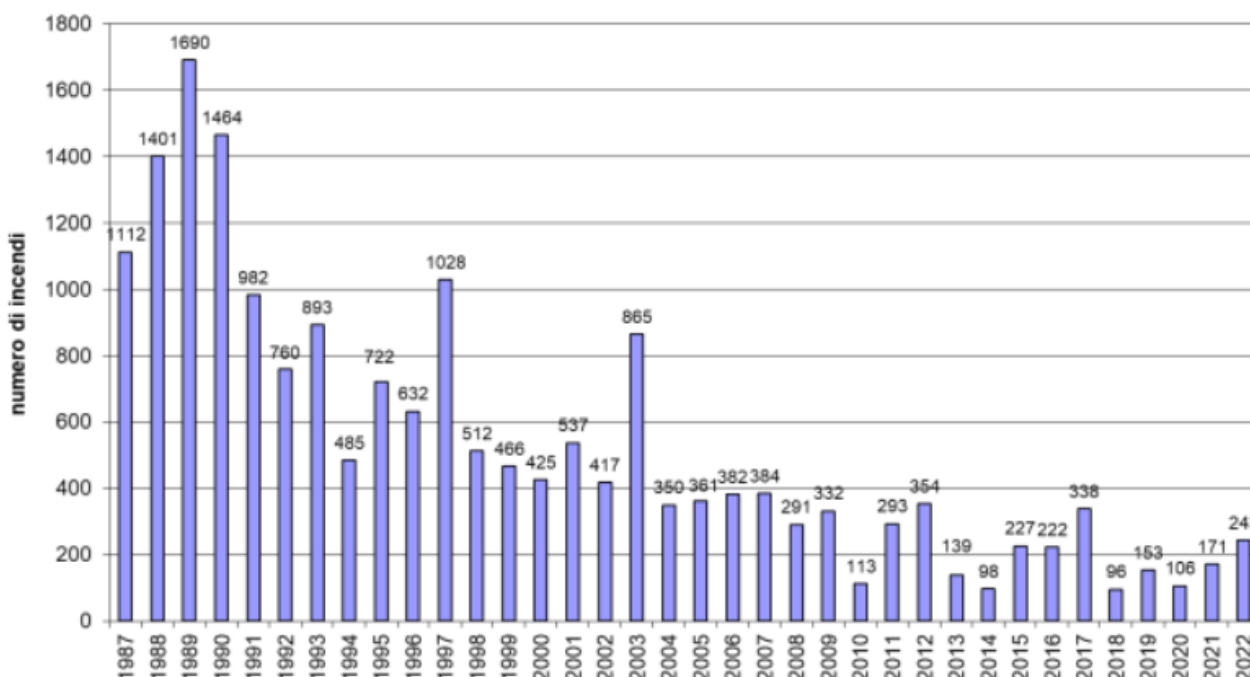


Figura 44: Numero di incendi in Liguria anno per anno dal 1987 al 2022 (*Regione Liguria, 2024, Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi*).

Per questa regione mediterranea, caratterizzata da una topografia complessa e da una vegetazione densa, gli incendi boschivi sono fenomeni ricorrenti sia in estate che in inverno, poiché in media 365 incendi di dimensioni $\geq 0,01$ km² bruciano un'area di 55 km² all'anno (*Fiorucci et al., 2008*). Tuttavia, analizzando più nel dettaglio la situazione all'interno del comune di Genova balza all'occhio un dato interessante ovvero che la frequenza degli incendi è maggiore nei mesi invernali piuttosto che in

quelli estivi (**Figura 45**): un dato che apparentemente può apparire strano. La causa va ricercata nel clima: infatti accade che nel periodo invernale, sebbene le temperature siano di gran lunga inferiori rispetto al periodo estivo, il comune di Genova risulti spesso interessato da forti venti di tramontana accompagnati da tassi di umidità decisamente bassi, il che crea condizioni potenzialmente idonee allo sviluppo e alla propagazione degli incendi. Si può osservare che è presente un picco secondario anche nel periodo compreso tra luglio e settembre, ma esso non è paragonabile a quello invernale. Tale tendenza è più accentuata nel territorio comunale rispetto alla regione Liguria nel suo complesso, dove la preponderanza degli incendi invernali è meno marcata.

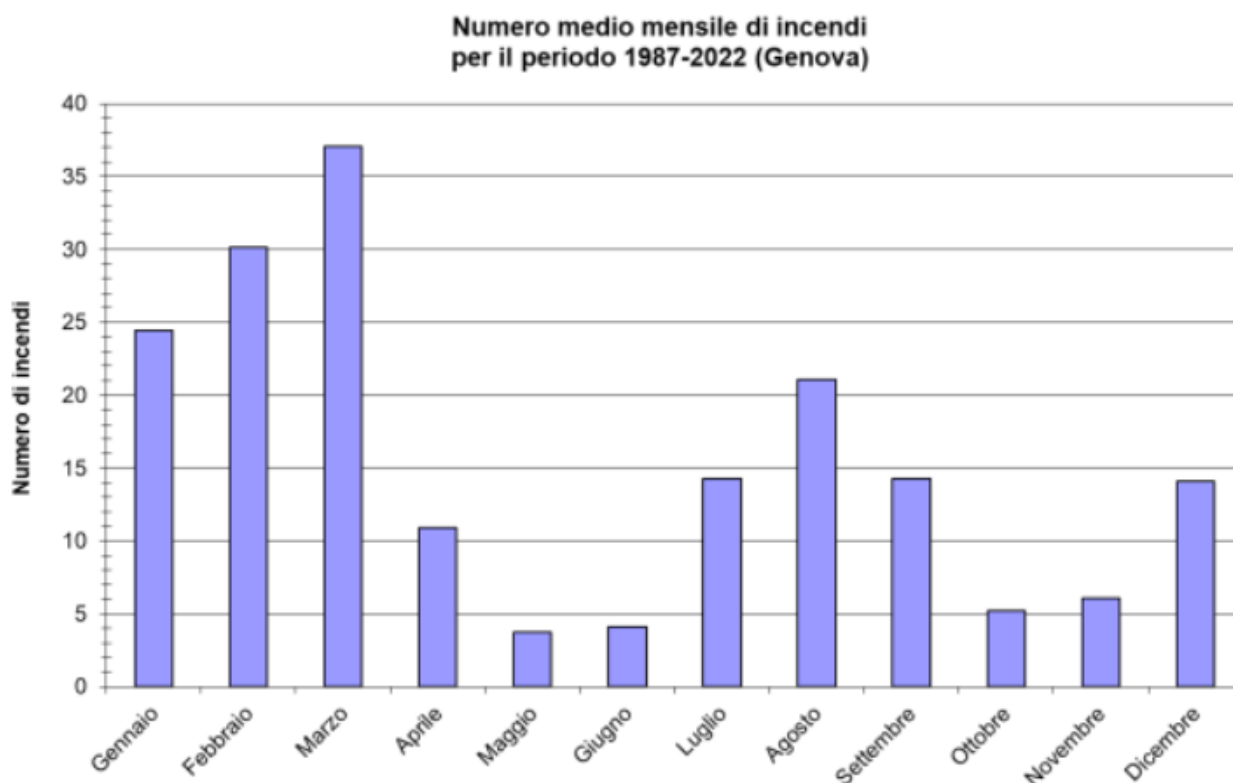


Figura 45: Numero di incendi per ogni mese nel Comune di Genova nel periodo 1987-2022 (Regione Liguria, 2024, Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi).

Dal censimento effettuato per gli incendi è emerso che 31 episodi hanno interessato il territorio comunale, ben 12 dei quali hanno colpito la zona compresa tra monte Fasce e monte Moro nel levante genovese, evidenziando come si tratti di una delle aree a maggiore pericolosità da incendio. Da segnalare inoltre che 19 dei 31 incendi censiti sono risultati essere di interfaccia. La previsione del pericolo da incendio in Liguria viene emessa mediante la realizzazione di un bollettino informativo denominato “Bollettino Spirl” che riporta 7 classi relative all’indice di pericolo da incendio (molto basso, basso, medio-basso, medio, medio-alto, alto, estremo).

Incendio 24 agosto 2016

Fronte del fuoco lungo circa 3 km che devasta la valle posta tra monte Fasce e monte Cordona sulle alture del levante cittadino (**Figura 46**). Nella notte del 24 agosto i Vigili del Fuoco sono stati impegnati nell'estinzione di un vasto incendio boschivo che si estendeva tra il territorio di Bogliasco e quello di Sessarego. Col sorgere del sole sono stati impegnati anche gli aerei Canadair. Le operazioni si sono concluse nella tarda mattinata del giorno successivo mentre il sole appariva profondamente schermato dalla cortina di fumo e cenere (**Figura 47**) e in via precauzionale sono stati evacuati due nuclei familiari.



Figura 46: Intenso ed esteso fronte di fuoco - 24 agosto 2016.



Figura 47: Sole schermato dalla coltre di fumo - 24 agosto 2016.

Incendio 7 settembre 2016

Pericoloso incendio di interfaccia divampato nelle prime ore del pomeriggio del 7 settembre nel quartiere di Apparizione sul Monte Fasce (**Figura 48**). Sul posto sono intervenute diverse squadre dei Vigili del Fuoco insieme con 45 volontari antincendio boschivo e 10 agenti della Forestale, mentre dall'alto sono intervenuti due canadair e due elicotteri: le fiamme si sono rapidamente estese, alimentate anche dal vento, e sono arrivate a lambire una casa nella parte bassa del monte con conseguente evacuazione dei suoi abitanti. Si contano decine di ettari di vegetazione in fiamme.



Figura 48: Vasto incendio sulle pendici del monte Fasce estremamente vicino alle prime abitazioni - 7 settembre 2016.

Incendio 16 gennaio 2017

Due vasti incendi, di probabile origine dolosa, hanno impegnato decine di squadre dei vigili del fuoco e dei Volontari Anticendio della Protezione Civile. Uno ha interessato monte Moro e monte Fasce (**Figura 49**), mentre il secondo è divampato sopra all'abitato di Nervi e si è successivamente allargato fino a raggiungere il quartiere di Apparizione (**Figura 50**). Il vento ha inoltre diretto le fiamme verso alcune abitazioni di via Lanfranco (le stesse coinvolte dall'incendio del 7 settembre). Almeno tredici persone sono state allontanate per motivi di sicurezza. Inoltre, è stata chiusa a più riprese l'autostrada tra Genova Nervi e Recco.



Figura 49: Incendio sul monte Fasce a poca distanza dall'autostrada - 16 gennaio 2017.



Figura 50: Incendio tra le alture di Nervi e Apparizione - 16 gennaio 2017.

Incendio 17 gennaio 2017

Nuovo incendio di interfaccia che stavolta si è sviluppato nella Valle del Rio Cantalupo, valle collaterale della Val Varenna e da lì, sospinto dal forte vento che ha alimentato costantemente i focolai, ha raggiunto la parte alta di Villa Pallavicini, il parco di Villa Doria, la parte alta del campeggio, e inoltre ha pericolosamente lambito le abitazioni della parte alta di Pegli (**Figura 51**) ove, a causa della stretta contiguità tra bosco e abitazioni, sono state evacuate circa 250 persone. Questa situazione ha costretto anche alla chiusura dell'autostrada A10 in direzione del capoluogo ligure per via del denso fumo.



Figura 51: Incendio di interfaccia molto pericoloso in prossimità delle abitazioni di Pegli alta - 17 gennaio 2017.

Incendio 9 agosto 2017

A partire dalle ore 16, quattro squadre del Coordinamento di Protezione Civile sono intervenute nel quartiere genovese del Lagaccio per un incendio boschivo (**Figure 52 e 53**). Il fuoco è partito da un cumulo di rifiuti incendiato e si in seguito propagato per circa tre ettari sul pendio est di Granarolo all'interno del parco delle Mura del Righi, compromettendo anche la viabilità. Le fiamme si sono propagate a tal punto da dare il via a ben tre fronti di fuoco, motivo per il quale l'incendio spinto da una leggera brezza e favorito dal terreno secco ha raggiunto anche forte Begato. Due persone sono state fatte evacuare in via precauzionale dai propri appartamenti.



Figura 52: Roghi sul versante compreso tra Granarolo e il Lagaccio - 9 agosto 2017.



Figura 53: Particolare della precedente immagine - 9 agosto 2017.

Incendio 4 settembre 2017

A bruciare questa volta è la vegetazione sopra le case sulle alture di Vesima, tra Voltri e Arenzano: nel pomeriggio del 4 settembre, infatti, è divampato un incendio con un fronte di fuoco molto vasto che si è pericolosamente avvicinato alle abitazioni (**Figura 54**). Il rogo, inizialmente domato grazie ai lanci del Canadair e dell'elicottero della Regione, ha ripreso vigore in nottata sviluppandosi su due fronti, ma l'azione di Vigili del Fuoco e volontari è riuscita a contenerlo.

Tre persone sono state evacuate in via precauzionale. I Vigili del Fuoco hanno operato tutta la notte, perché dopo l'intervento di elicottero e canadair che aveva limitato il rogo, due fronti avevano ripreso vigore.



Figura 54: Incendio di interfaccia sulle alture di Vesima - 4 settembre 2017.

Incendio 17 agosto 2021

Questo fronte di fuoco è partito da un incendio di sterpaglie che si è esteso avvicinandosi alle case di via Martiri del Turchino, sulle prime alture di Genova Prà (**Figure 55 e 56**). Sul posto sono intervenuti i Vigili del Fuoco e un elicottero dell'antincendio boschivo. Probabilmente di natura dolosa, l'incendio è scoppiato negli spazi verdi dove sarebbero presenti alcuni orti, a pochi metri dalle case. Dodici persone sono state allontanate in via precauzionale dalle proprie abitazioni.



Figura 55: Il rogo sviluppatosi sulle primissime alture di Prà - 17 agosto 2021.



Figura 56: Fiamme in strada in via Martiri del Turchino a Prà - 17 agosto 2021.

Incendio 14-15 luglio 2022

Vasto incendio boschivo sulle alture di Sestri Ponente che ha interessato la zona collinare di Scarpino e monte Timone (**Figura 57**), innescandosi tra salita Cassinelle, via Chiaravagna e via Monte Timone, intorno alle 15 di giovedì 14 luglio 2022, poi il fronte si è allargato. L'incendio sarebbe nato tra la vegetazione di una zona impervia in una strada adiacente alla discarica di Scarpino, rendendo difficile l'intervento delle squadre dei Vigili del Fuoco arrivate sul posto con una autobotte. Dall'incendio è scaturita una densa colonna di fumo visibile da gran parte della città, con le fiamme che hanno lambito i tralicci dell'alta tensione. Chiuse alcune strade ed evacuata una casa.



Figura 57: Esteso e intenso incendio sul monte Timone - 14-15 luglio 2022.

6.2.1.4 Rischio mareggiata

Le mareggiate rappresentano un fenomeno ricorrente nel bacino del Mediterraneo, con una frequenza maggiore durante la stagione autunnale e invernale (*Littmann, 2000*). In particolare, il Golfo del Leone e il Golfo di Genova, quest'ultimo riconosciuto come una delle aree a più elevata ciclogenese del Mediterraneo (*Trigo et al., 2002*), costituiscono settori particolarmente esposti alla formazione di sistemi depressionari capaci di generare moto ondoso intenso. In tali aree si registrano annualmente diversi episodi caratterizzati da onde con altezza significativa superiore ai 3 m (*Medatlas, 2004*), prevalentemente associate a venti di scirocco (SE) e libeccio (SW), responsabili delle condizioni più critiche lungo il litorale ligure.

Il modello insediativo della Regione Liguria, analogamente a quanto osservato in molte aree costiere mediterranee, è fortemente concentrato in prossimità della linea di costa. La presenza di infrastrutture strategiche quali porti commerciali e turistici, viabilità costiera, linee ferroviarie e attività economiche localizzate direttamente sulle spiagge o a ridosso delle falesie rende il sistema territoriale particolarmente vulnerabile agli eventi estremi di mareggiata (*Cutroneo et al., 2021*). In tali condizioni, l'impatto del moto ondoso può tradursi in danneggiamenti strutturali, erosione delle spiagge, interruzioni della viabilità e compromissione delle opere di difesa costiera.

Con il termine "mareggiata" si indica un evento meteorologico marino determinato dall'azione persistente del vento sulla superficie del mare, in grado di generare un moto ondoso di elevata energia che si propaga verso la costa. Con i suoi circa 359 km di sviluppo costiero, la Liguria si configura come una regione strutturalmente esposta a tale tipologia di rischio, in ragione sia della conformazione morfologica del litorale sia della forte antropizzazione delle aree costiere.

Nel territorio comunale di Genova sono stati censiti 20 eventi di particolare rilevanza negli ultimi 35 anni, concentrati quasi esclusivamente nel semestre freddo (settembre-febbraio). Tra questi, assumono particolare significato per intensità e impatto territoriale le mareggiate del 6 novembre 2000, del 29-31 ottobre 2008 e la tempesta Vaia del 27-30 ottobre 2018. Tali episodi sono accomunati dall'ampiezza dell'areale interessato, dalla notevole persistenza del moto ondoso (protrattosi per più giorni) e da altezze d'onda che hanno raggiunto valori prossimi ai 6 m. Nel caso della tempesta Vaia, l'evento è stato inoltre caratterizzato da raffiche di vento di eccezionale intensità, con velocità prossime ai 200 km/h, che hanno amplificato gli effetti erosivi e distruttivi lungo il litorale.

Ai fini della gestione del rischio, i fenomeni associati alle mareggiate vengono classificati all'interno del sistema regionale di allertamento in tre livelli di intensità, distinti per ciascuna zona (A, B, C, D, E). A ciascun livello corrisponde una specifica codifica cromatica: simbolo bianco per fenomeni significativi, grigio per fenomeni intensi e nero per fenomeni molto intensi. In relazione alle previsioni meteorologiche e allo stato del mare, viene emesso un Bollettino di Vigilanza o un Avviso Meteo regionale destinato alla popolazione e agli enti competenti, al fine di attivare le procedure di prevenzione e mitigazione del rischio.

Nel complesso, la combinazione tra elevata esposizione morfologica, intensa urbanizzazione costiera e frequenza di episodi ciclonici nel Golfo di Genova configura il litorale genovese come un sistema altamente sensibile agli eventi di mareggiata, nei quali la componente naturale del rischio si intreccia strettamente con le trasformazioni antropiche del territorio.

Mareggiata 6 novembre 2000

Fu una delle più distruttive mareggiate che si ricordino in Liguria, spazzata da un ostro libeccio che sconvolse i litorali del Ponente e del Levante: marosi ben oltre le dighe foranee dei porti, un traghetto addirittura scaraventato sulla passeggiata di Santa Margherita, onde alte quasi 6 metri misurate nel golfo di La Spezia. Ne risultò una mareggiata con onde dall'altezza significativa che arrivarono a quasi 6 metri e con un picco massimo di 8-9 metri, e il periodo (la distanza in secondi tra un'onda e l'altra) che arrivò a 11 secondi.

Mareggiata 29-31 ottobre 2008

Questo importante episodio di maltempo fu legato alla presenza di un significativo gradiente responsabile di violente correnti da SSW dirette verso il Golfo Ligure e la Toscana: il flusso di libeccio in realtà fin dai giorni precedenti ha insistito con un fetch ben esteso (di circa 600-700 km) compreso tra Alboran e il settore Corso-Ligure e tutto ciò si è tradotto in onde decisamente significative fino a 5-6 metri tra savonese e genovese. Questa eccezionale burrasca oltre a provocare danni alla diga foranea e alla pista dell'aeroporto di Genova, distrusse gran parte delle infrastrutture balneari costiere in particolare del Genovese (**Figura 58**).



Figura 58: Danni sul litorale genovese a seguito di mareggiata - 29-31 ottobre 2008.

Mareggiata 27-30 ottobre 2018 (tempesta Vaia)

Le particolari condizioni a livello meteorologico venutesi a creare in quei giorni hanno determinato sulla Liguria l'attivazione di una forte e persistente ventilazione dai quadranti meridionali, tanto che specialmente il 29 ottobre diverse stazioni sparse sul territorio hanno fatto registrare valori di vento medio e raffiche comprese tra tempesta forte e uragano (secondo la classificazione della scala Beaufort).

È importante evidenziare inoltre che si è trattato di un fenomeno che ha interessato tutta la regione: infatti nella seconda fase della tempesta (29-30 ottobre) ben 17 stazioni distribuite sull'intero

territorio regionale hanno superato la soglia del vento medio di burrasca (intervallo: 63-75 km/h) e alcune hanno registrato valori medi di tempesta (intervallo: 88-102 km/h).

A partire dal tardo pomeriggio del 29 ottobre la regione è stata interessata da un rapido aumento del moto ondoso (**Figura 59**) che ha determinato già dalla serata mareggiate diffuse sull'intera fascia costiera, con onda inizialmente da Sud-Est, in successiva rotazione da Sud e, nella fase decrescente, da Sud-Ovest. Il repentino incremento dell'altezza d'onda (oltre 3.5m di incremento di onda significativa tra le 19.30 e le 24 ora locale) può essere attribuito a diversi fattori concorrenti:

- un fetch del vento che ha coinvolto una vasta porzione del Mediterraneo;
- venti al suolo con velocità media tra burrasca forte e tempesta e raffiche fino a uragano per una durata superiore a 12 ore;
- un probabile effetto di storm surge associato al passaggio di un profondo minimo depressionario sul Golfo Ligure che ha causato un innalzamento del livello della superficie media marina di circa mezzo metro per effetto della bassa pressione, con conseguente maggiore penetrazione del moto ondoso sulla costa.

Le onde, violentissime, hanno distrutto porti e litorali in un'ampia fascia compresa Capo Mele e lo spezzino; i danni più rilevanti sono stati registrati nel Golfo del Tigullio.

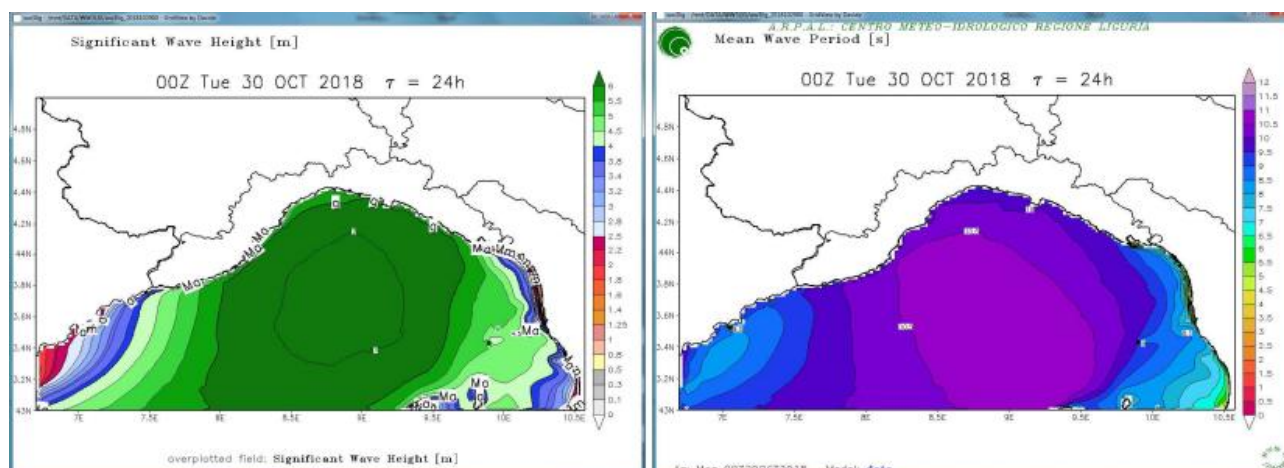


Figura 59: Previsioni meteomarine per la sera del 29 ottobre 2018 e la notte successiva. A sinistra altezza d'onda significativa, a destra il periodo d'onda (ARPAL, Rapporto di evento meteo idrologico del 27-30/10/2018).

Mareggiate a più riprese 23 ottobre - 6 novembre 2023

Durante questa fase la Liguria è stata interessata quasi ininterrottamente da forte maltempo che si è espresso sia sottoforma di ingenti precipitazioni che di venti meridionali di burrasca forte con raffiche ben superiori ai 100 km/h e localmente superiori ai 200 km/h, ma anche con mareggiate intense di notevole durata. Nei primi giorni di novembre si è assistito al transito sul nord Europa di una profonda depressione denominata "Ciaran" che ha innescato sulla nostra regione un brusco calo barico (circa 982 hPa sulla stazione di Genova Centro Funzionale). Sono stati osservati venti di burrasca forte con raffiche di tempesta su tutte le zone, anche se i venti hanno soffiato con maggiore intensità e persistenza sul Centro-Levante, con raffiche superiori ai 100 km/h anche sulle zone costiere (La Spezia, Portovenere). L'intensità della tempesta e dei venti associati e il contributo dovuto al fenomeno dello storm surge (sollevamento anomalo del livello del mare dovuto all'abbassamento della pressione), hanno comportato un deciso aumento del moto ondoso con mare anche molto agitato sotto costa e il verificarsi di una mareggiata intensa di Libeccio che può classificarsi come storica, sia dal punto di vista dell'altezza delle onde e del periodo sia per la durata.

6.2.1.5 Rischio sismico

Con il termine “terremoto” si indica un improvviso scuotimento del suolo originatosi per liberazione istantanea di energia elastica accumulata all’interno della crosta terrestre, che si propaga sotto forma di onde sismiche. Per definire la pericolosità sismica a livello regionale viene utilizzata una classificazione utile per scopi di gestione del territorio che prevede la suddivisione del contesto ligure in quattro zone: zona 1 (pericolosità alta), zona 2 (pericolosità media), zona 3 (pericolosità bassa) e zona 4 (pericolosità molto bassa).

In Liguria non sono presenti comuni ricadenti in zona sismica 1; il territorio del Comune di Genova è classificato in zona sismica 3, corrispondente a una pericolosità considerata bassa (**Figura 60**). Tuttavia, tale classificazione non implica l’assenza di rischio, poiché alcune porzioni del territorio regionale (in particolare l’Appennino orientale e nord-orientale e l’estremo ponente ligure) risentono dell’influenza di aree limitrofe caratterizzate da maggiore attività sismica, quali l’Appennino tosco-emiliano e il settore sud-occidentale delle Alpi Marittime.

Proprio nell’estremo ponente ligure sussistono condizioni strutturali, legate alla presenza di sistemi di faglie attive, potenzialmente in grado di generare terremoti di elevata magnitudo. Emblematico in tal senso è il terremoto del 23 febbraio 1887 nel Mar Ligure occidentale, considerato l’evento sismico più distruttivo della storia regionale. Nel corso della stessa giornata si verificarono tre scosse principali che colpirono duramente la Liguria di ponente, accompagnate da un maremoto che determinò un sensibile ritiro delle acque fino a circa 10 metri nel porto di Genova. L’evento causò circa 20.000 sfollati e gravi danni in numerosi centri abitati, alcuni dei quali furono parzialmente abbandonati.

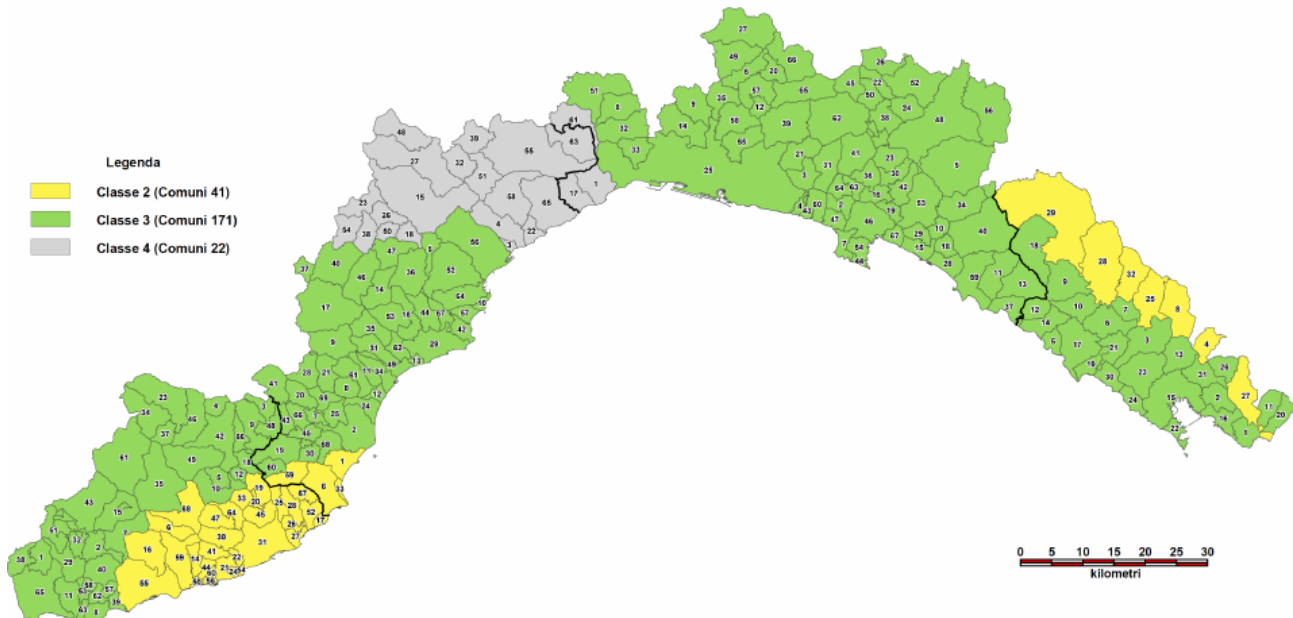


Figura 60: Classificazione sismica della Liguria (Regione Liguria).

Il terremoto del 1887 rappresenta l’evento più intenso registrato nell’area sud-occidentale alpino-ligure negli ultimi mille anni e costituisce tuttora un caso di riferimento per gli studi di sismotettonica regionale. La localizzazione dell’epicentro (costiero o offshore) e la magnitudo stimata (attualmente compresa tra 5,6 e 6,5) sono state oggetto di ampio dibattito scientifico (Capponi et al., 1985; Tinti et al., 1987; Ferrari, 1991; Boschi et al., 1995; Guidoboni et al., 2007), così come l’individuazione della struttura di faglia responsabile. Tra i fenomeni secondari documentati nelle cronache dell’epoca

si segnala uno tsunami lungo la costa ligure (*Denza, 1887*), che conferma la complessità degli effetti associati all'evento.

Per quanto concerne il monitoraggio attuale, la Rete Sismica regionale dell'Italia nord-occidentale (RSNI) gestita dal Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV) dell'Università di Genova garantisce un controllo continuo della sismicità nell'Italia nord-occidentale, con particolare riferimento al territorio ligure. A supporto delle attività di Protezione Civile regionale sono state implementate procedure di avviso evento sismico, basate sulla trasmissione tempestiva, via e-mail e SMS, dei principali parametri relativi ai terremoti significativi che possano interessare il territorio.

In epoca recente, merita menzione la sequenza sismica di Bargagli-Davagna, sviluppatasi tra il 22 settembre e il 4 ottobre 2022. L'evento principale, di magnitudo M_L 4.2, è stato registrato alle ore 13:39 (ora italiana) del 22 settembre 2022, con epicentro in "zona Genova" presso il territorio comunale di Bargagli (GE) e ipocentro a 5,5 km di profondità. Nonostante l'area ricada in una zona a pericolosità sismica classificata come bassa (**Figura 60**), la sequenza ha evidenziato la possibilità di attivazione di strutture sismogenetiche locali. Dall'analisi della sismicità storica e strumentale (**Figura 61**) emerge inoltre come, nel periodo 1982-2022, l'area epicentrale non fosse stata interessata da eventi di magnitudo comparabile, rendendo la sequenza del 2022 un episodio di particolare interesse per la comprensione della sismicità locale.

Nel complesso, il quadro sismico ligure evidenzia una pericolosità generalmente contenuta ma non trascurabile, nella quale eventi rari ma potenzialmente significativi possono interagire con un territorio fortemente urbanizzato e infrastrutturato, contribuendo alla definizione del rischio complessivo.

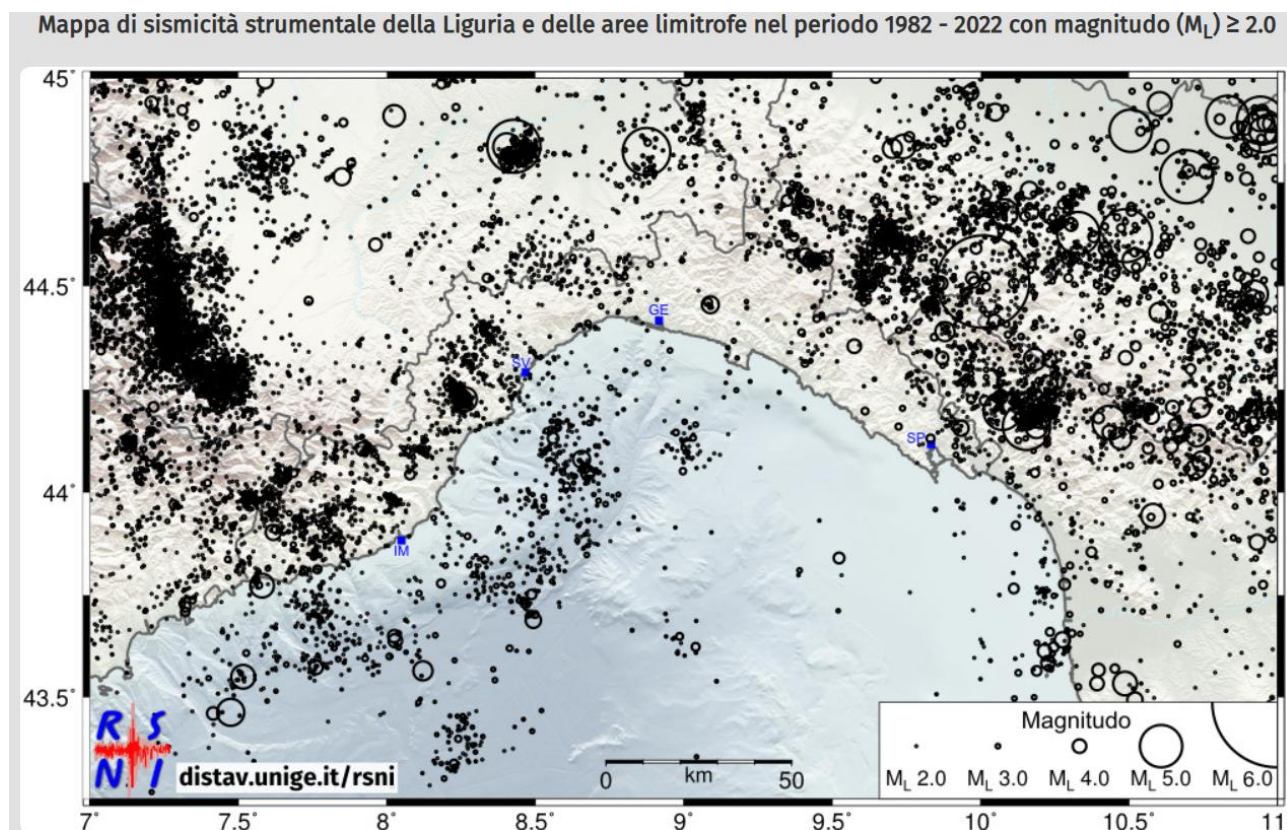


Figura 61: Localizzazione degli eventi sismici dal 1982 al 2022 (*Distav, Rete Sismica regionale dell'Italia nord-occidentale*).

6.2.2 Rischio percepito: questionario di percezione del rischio

Nel 2020 la Protezione Civile del Comune di Genova in collaborazione con Università di Genova - Dipartimento di Scienze della Formazione (DISFOR) e Dipartimento di Scienze della Terra e della Vita (DISTAV) ha formulato un questionario on line, volto a verificare quale fosse il grado di percezione dei rischi della cittadinanza nonché la conoscenza delle fonti informative di cui si avvale la Protezione Civile comunale in caso di emergenza. I rischi presi in esame nel questionario sono tutti i principali rischi naturali che insistono sul territorio comunale: alluvione, frana, neve, mareggiata, tsunami, vento, terremoto, disagio fisiologico (caldo e freddo), incendio di interfaccia.

La struttura del Questionario, che è compilabile in forma anonima, è stata organizzata in modo tale che quest'ultimo venisse suddiviso in tre parti:

1. **Parte socio-anagrafica:** la prima parte richiede alcuni dati anagrafici e professionali. Particolare rilevanza riveste l'indirizzo di residenza, abitazione o del luogo di lavoro qualora la residenza fosse fuori dal comune, informazione che viene utilizzata per georeferenziare le risposte tramite GIS e che consente un confronto con le mappe di rischio reale;
2. **Rischi naturali che interessano il territorio del Comune di Genova:** nella seconda parte sono presenti domande relative ad esperienze ed opinioni in merito ai diversi tipi di rischio che possono interessare la città di Genova, informazioni che costruiscono la percezione dei rischi naturali (alluvioni, frane, neve, mareggiate, tsunami, vento, terremoto, ondate di calore e incendi di interfaccia). Dapprima si domanda se i cittadini abbiano mai sperimentato in prima persona questi rischi oppure se conoscono persone che ne siano state esposte; in seguito, si richiede di valutare le probabilità e le conseguenze di ogni specifico rischio sulla città di Genova;
3. **Fonti informative:** nella terza e ultima parte, si indaga la conoscenza e l'utilizzo da parte dei cittadini delle fonti informative della Protezione Civile del Comune di Genova: sito web, Telegram, Facebook, Twitter, Geoportale, campagne informative e attività con le scuole, pannelli a messaggio variabile.

Nel corso degli anni il questionario è stato somministrato in più occasioni a diversi stakeholder territoriali, tra cui i dipendenti della Civica Amministrazione, soggetti scolastici, soggetti commerciali e cittadinanza e continua a rappresentare uno strumento utile e sempre utilizzabile.

In questo lavoro sono state considerate 3452 risposte totali o parziali. L'analisi di tali risposte consente di fare alcune riflessioni.

Innanzitutto, la maggior parte dei rispondenti possiede un diploma di scuola superiore oppure un diploma universitario magistrale (**Figura 62**).

Risposta	Conteggio	Percentuale
Nessuno (A1)	6	0.17%
Licenza elementare (A2)	7	0.20%
Licenza media (A3)	149	4.32%
Diploma scuola superiore (A4)	1170	33.89%
Diploma universitario triennale (A5)	224	6.49%
Diploma universitario magistrale (A6)	719	20.83%
Dottorato di ricerca/master/specializzazione (A7)	383	11.10%
Nessuna risposta	143	4.14%
Non completato o non visualizzato	651	18.86%

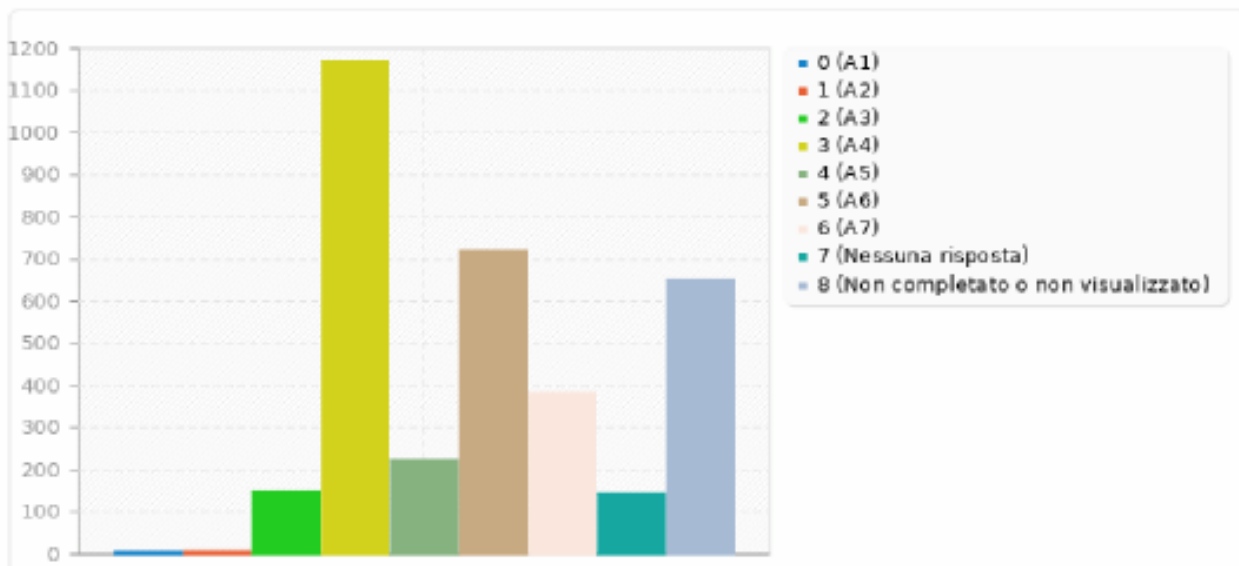


Figura 62: Risposte relative a “Titolo di studio”. In giallo la colonna dei diplomati di scuola superiore (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).

Risposta	Conteggio	Percentuale
Dipendente del Comune di Genova (A1)	1403	40.64%
Dipendente altro Ente pubblico (A2)	527	15.27%
Nessuna risposta	29	0.84%
Non completato o non visualizzato	1493	43.25%

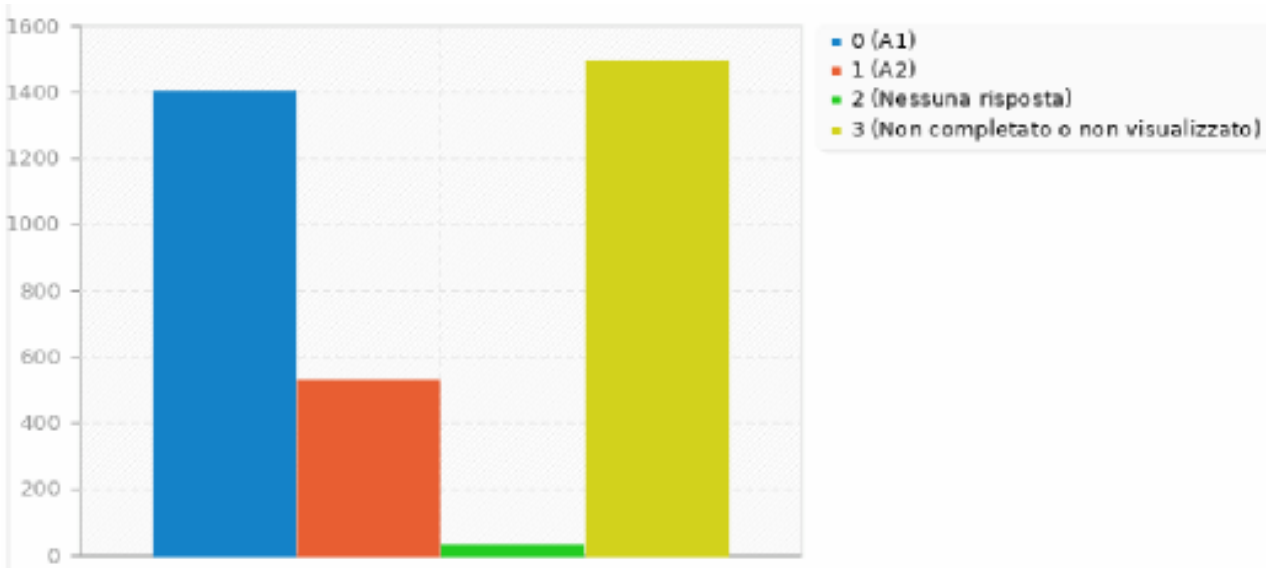


Figura 63: Risposte relative a “Professione”. In blu la colonna relativa ai dipendenti del Comune di Genova, risposta prevalente (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).

Per quanto la variabilità delle professioni coinvolte sia aumentata, rimane predominante il lavoratore dipendente pubblico e in particolare dipendente del Comune di Genova (**Figura 63**). Ciò si spiega per via del fatto che è stato necessario distribuire il sondaggio on-line per via delle limitazioni imposte dall'emergenza Covid-19; e tra le liste e-mail più numerose a cui inviare la proposta di compilare il Questionario vi era quella del Comune.

Per quanto concerne l'esposizione ai rischi in prima persona, emergono risultati in linea di massima coerenti con i principali rischi naturali a cui è soggetto il Comune di Genova: le persone affermano di essere state esposte soprattutto a situazioni di pericoli da alluvione, vento e disagi legati a nevicate; mentre per rischio frane, mareggiate, ondate di calore e incendi di interfaccia è maggiore la percentuale di persone che non ne è stata interessata. Infatti, sebbene le nevicate siano decisamente meno frequenti in territorio comunale rispetto ai dissesti da frana o le mareggiate, occorre ricordare che una nevicata e i disagi ad essa associati inevitabilmente coinvolgono l'intero territorio a differenza dei disagi legate a frane e mareggiate che avranno sempre carattere prevalentemente puntuale. Inoltre, per via del cambiamento climatico, nei prossimi anni tenderà sicuramente ad aumentare la percentuale di persone che saranno esposte a situazioni di disagio da caldo.

La percezione della probabilità che i vari rischi naturali colpiscano il territorio comunale genovese risulta mediamente corretta, pur con ovvie leggere sottostime o sovrastime per alcuni casi (**Figura 64**).

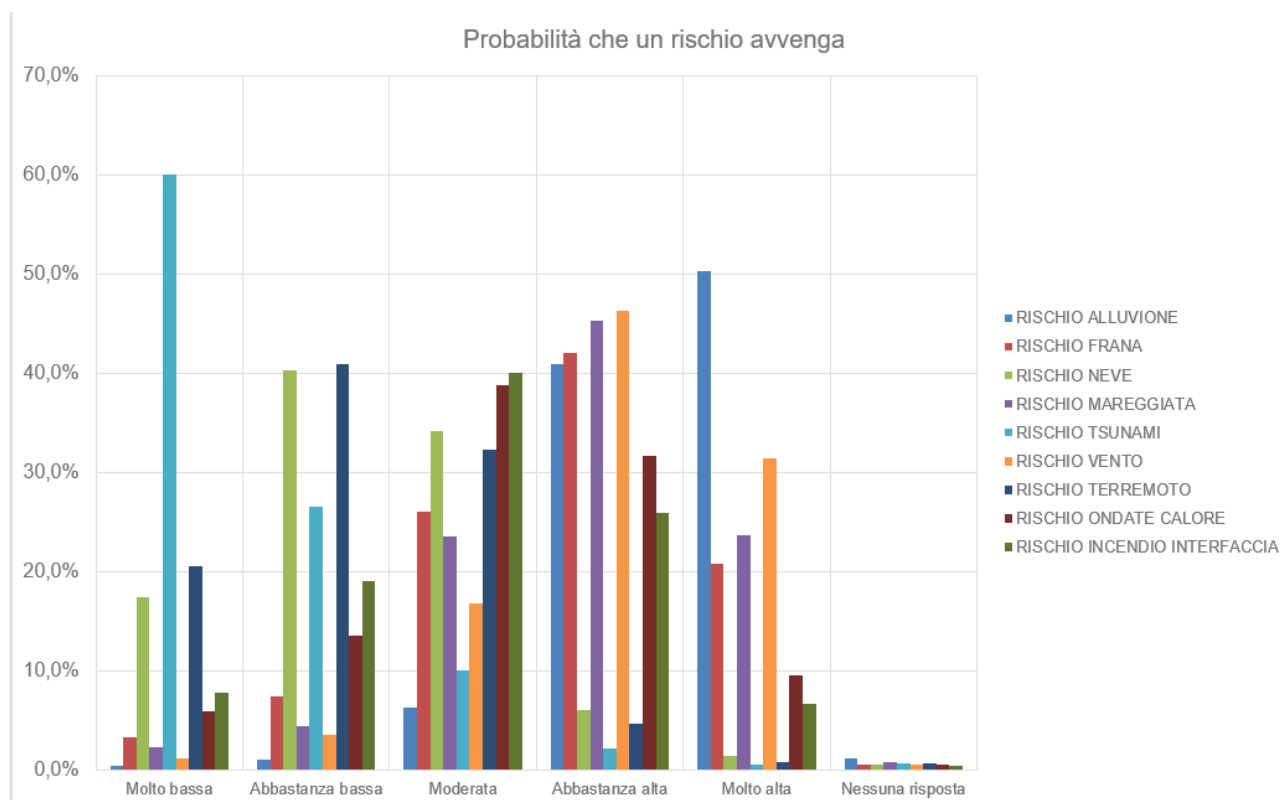


Figura 64: Percezione della probabilità di accadimento per ogni rischio naturale (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).

Le risposte del sondaggio relative alle conseguenze dei suddetti rischi sulla città di Genova (**Figura 65**) hanno evidenziato una buona sensibilità ai fenomeni di carattere geo-idrologico (soprattutto il rischio alluvionale) essendo il territorio estremamente sensibile a queste problematiche. Nonostante questo, circa il 6% degli intervistati ritiene tra basse e moderate le conseguenze degli eventi alluvionali sul territorio genovese e quasi l'8% ha fornito risposte relative a probabilità bassa e

moderata di rischio alluvionale. Il campione di popolazione intervistato, infine, sottostima alcuni rischi che invece sono di sempre maggiore attualità; in particolare il disagio fisiologico per caldo, vento e mareggiate. Questi tre rischi naturali oltre a determinare vittime e danni talora ingenti, sono sempre più intensi e frequenti a causa dei cambiamenti climatici a cui la città è sottoposta.

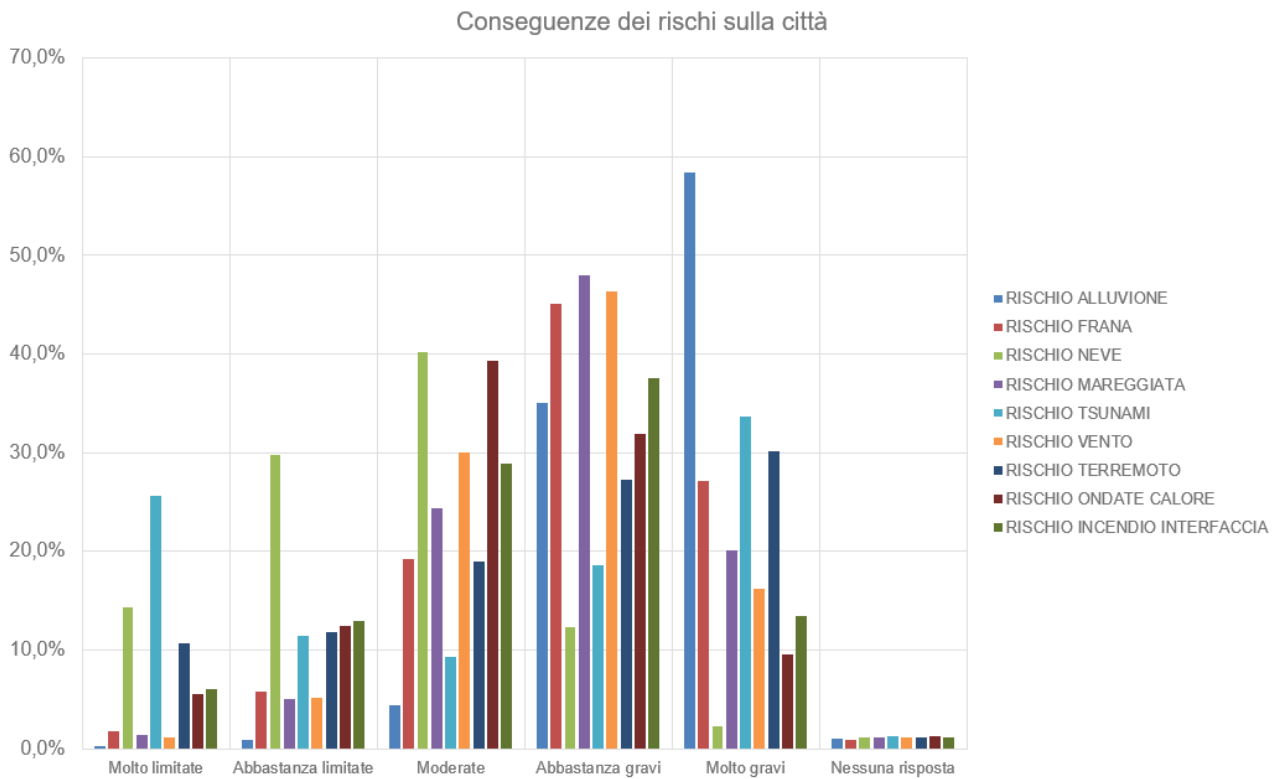


Figura 65: Percezione delle conseguenze per ogni rischio naturale (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).

Un argomento di assoluta rilevanza che viene trattato all'interno del Questionario riguarda la conoscenza da parte dei cittadini delle fonti informative di cui si avvale la Protezione Civile di Genova per comunicare con la popolazione: dall'analisi dei risultati si evince che ben quattro di queste fonti informative, ovvero sito web della Protezione Civile, canale Telegram (**Figura 66**), pagina Facebook e Twitter sono accomunate dal fatto di essere conosciute ma di non essere mai utilizzate dalla maggior parte dei cittadini intervistati; addirittura nel caso del Geoportale del Comune di Genova prevalgono le risposte di chi nemmeno è a conoscenza di questa fonte informativa. I cittadini si mostrano decisamente più interessati a mantenersi informati tramite le campagne informative (manifesti, volantini, video, attività nelle scuole ecc.) e soprattutto tramite i pannelli a messaggio variabile posti lungo le strade e in corrispondenza delle fermate dell'autobus (**Figura 67**).

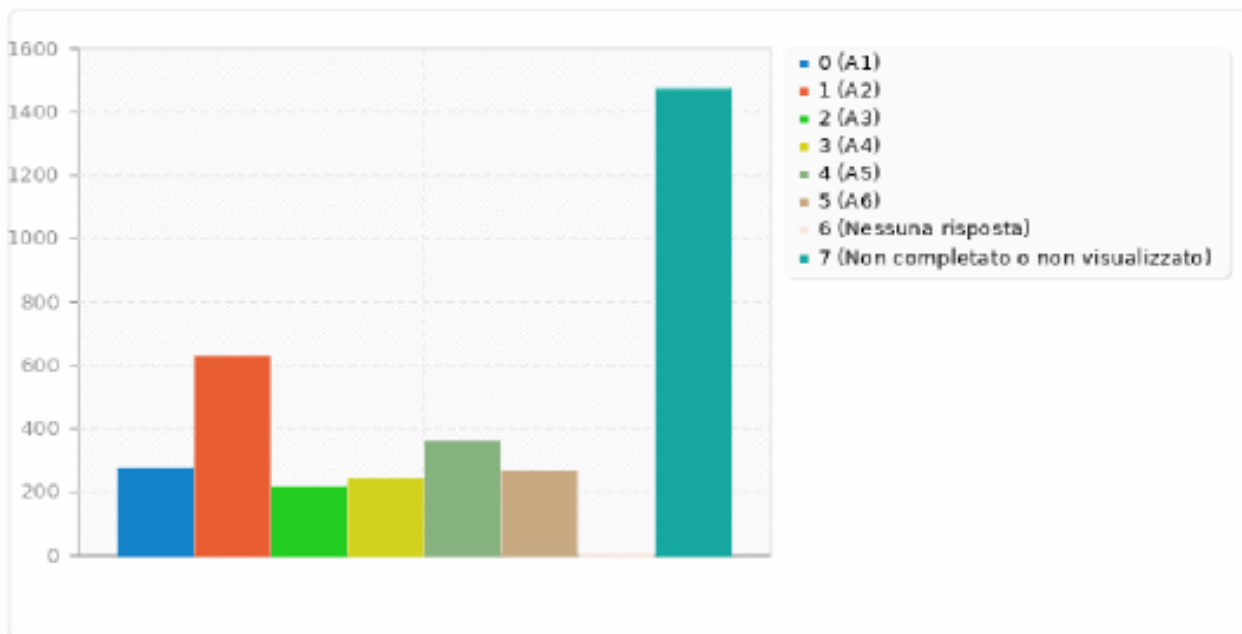


Figura 66: Risposte relative alle fonti informative. In rosso la colonna relativa alla dicitura “la conosco ma non la uso mai” per il canale Telegram (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).

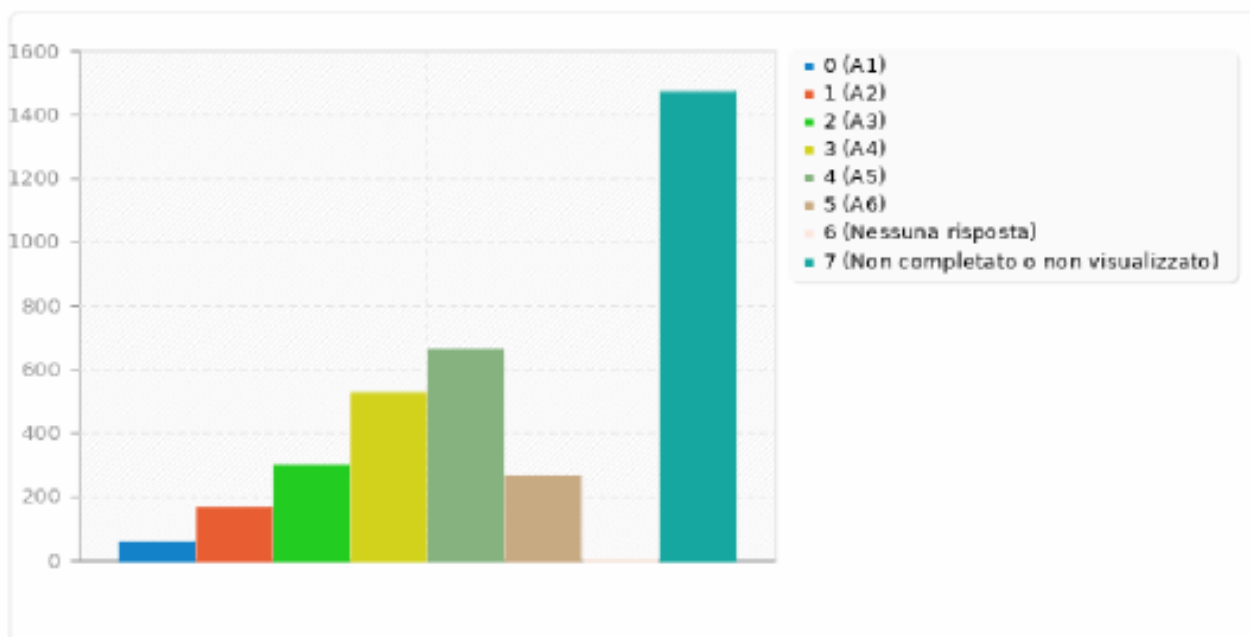


Figura 67: Risposte relative alle fonti informative. In verde scuro la colonna relativa alla dicitura “la uso spesso” per i pannelli a messaggio variabile (Questionario di Percezione del Rischio del Comune di Genova).

7. Conclusioni

La prima parte del lavoro ha consentito di delineare un inquadramento approfondito del contesto comunale genovese, con particolare riferimento agli aspetti meteorologici e idrogeologici. Tale analisi si è rivelata fondamentale sia per comprendere l'evoluzione dei principali parametri atmosferici nel tempo e individuarne possibili linee di tendenza future, sia per restituire un quadro organico della complessità morfologica del territorio. L'organizzazione del sistema dei bacini idrografici, la loro interazione con l'assetto urbano e la conformazione orografica particolarmente articolata costituiscono infatti elementi imprescindibili per interpretare la dinamica dei fenomeni naturali che interessano il Comune di Genova.

Successivamente, l'attenzione si è concentrata sui processi geomorfologici attivi, evidenziando come la crescente pressione antropica abbia progressivamente alterato equilibri naturali delicati, con conseguenze talvolta rilevanti in termini di instabilità e vulnerabilità territoriale. L'espansione urbana, l'impermeabilizzazione dei suoli, la modifica del reticolo idrografico e la trasformazione dei versanti hanno contribuito a ridefinire il rapporto tra ambiente fisico e insediamento umano, accentuando l'esposizione ai rischi naturali.

La seconda parte della tesi ha presentato i risultati del censimento dei principali rischi naturali che hanno interessato l'area genovese negli ultimi 35 anni. Per ciascuna tipologia di evento sono state raccolte informazioni soprattutto relative alla localizzazione e ai danni associati, con l'obiettivo di costruire un quadro conoscitivo il più possibile completo e comparabile. Dall'analisi emerge come i fenomeni di dissesto idrogeologico risultino ampiamente diffusi sull'intero territorio comunale, configurandosi come una componente strutturale del sistema ambientale genovese.

Nonostante la maggiore frequenza dei dissesti franosi, il rischio percepito dalla popolazione appare fortemente influenzato dagli eventi alluvionali che hanno segnato la memoria collettiva cittadina. Le alluvioni più recenti, per intensità e impatto mediatico, hanno lasciato tracce profonde sia sul territorio sia nella percezione individuale e collettiva, contribuendo a far ritenere tale rischio più probabile e pericoloso rispetto al rischio da frana. Al contrario, risulta parzialmente sottostimata la rilevanza di ulteriori rischi, quali il disagio da caldo, il vento e le mareggiate che invece mostrano una tendenza recente all'intensificazione e assumono crescente rilevanza nel quadro dei cambiamenti climatici, sebbene non per tutti i fenomeni siano disponibili serie storiche e dati numerici estesi. Tale scarto tra dati oggettivi e percezione soggettiva rappresenta uno degli aspetti più significativi emersi dal confronto tra censimento e questionario.

Il territorio comunale risulta pertanto diffusamente interessato da fenomeni franosi che, pur non avendo prodotto un numero di vittime paragonabile a quello delle alluvioni storiche, determinano danni materiali e potenziali di notevole entità: interruzioni della viabilità, criticità per abitazioni e infrastrutture, compromissione di attività agricole, alterazioni dei versanti e talvolta modifiche del corso dei torrenti. In questo contesto, appare opportuno rafforzare le attività di sensibilizzazione e informazione rivolte alla cittadinanza, anche attraverso iniziative nelle scuole e nei luoghi di lavoro, al fine di promuovere una maggiore consapevolezza del rischio diffuso legato alle frane.

Particolarmente rilevante risulta la riflessione sulle modalità di accesso alle informazioni in situazioni di emergenza. Nonostante la disponibilità di strumenti digitali sempre più evoluti quali sito internet della Protezione Civile e specialmente campagne sui social network e su sistemi di messaggistica, i cittadini continuano a rimanere per lo più legati ad una consultazione passiva mediante sistemi che generino su di loro un impatto forte e immediato, come appunto nel caso delle affissioni stradali e dei

pannelli a messaggio variabile. Tuttavia, le situazioni di maltempo e di criticità idrogeologica si caratterizzano per una rapida evoluzione spazio-temporale, nella quale variazioni anche minime dell'intensità delle precipitazioni possono determinare conseguenze significative, quali l'esondazione di corsi d'acqua o l'innesco di dissesti.

In tale prospettiva, assume particolare importanza la promozione di una consultazione attiva e consapevole delle fonti informative in tempo reale. Un esempio significativo è rappresentato dalla rete OMIRL (Osservatorio Meteo Idrologico Regione Liguria), gestita da ARPAL, che consente il monitoraggio continuo delle condizioni meteorologiche e idrologiche attraverso una rete capillare di stazioni di rilevamento distribuite sul territorio regionale. La possibilità di accedere a mappe, grafici, dati aggiornati, immagini radar e satellitari costituisce uno strumento prezioso per comprendere l'evoluzione degli eventi in atto e per adottare comportamenti più responsabili.

In conclusione, i risultati del presente lavoro evidenziano come il territorio genovese sia caratterizzato da una pluralità di rischi naturali interconnessi, la cui gestione richiede un approccio integrato che coniughi conoscenza scientifica, pianificazione territoriale e partecipazione attiva della cittadinanza. La riduzione del rischio non può prescindere da una maggiore consapevolezza collettiva e da un utilizzo più efficace degli strumenti informativi disponibili. Solo attraverso una sinergia tra istituzioni, comunità scientifica e popolazione sarà possibile rafforzare la resilienza del sistema urbano genovese di fronte alle sfide poste dai cambiamenti ambientali e climatici in atto.

8. Bibliografia

- Acquaotta, F., Faccini, F., Fratianni, S., Paliaga, G., Sacchini, A., Vilimek, V. (2019). Increased flash flooding in Genoa Metropolitan area: A combination of climate changes and soil consumption? *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131(4), 1099–1110. <https://doi.org/10.1007/s00703-018-0623-4>
- APAT: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Tav. 213–230 Genova, SELCA, 2008.
- Arena, P., Marzio, C. (1974). Il M. Gazzo: una montagna ligure da salvare. *Rassegna Speleologica Italiana*, Atti XI Congresso Nazionale di Speleologia, Genova 1972, 2, 151-154.
- Boschi, E., Ferrari, G., Gasperini, P., Guidoboni, E., Smriglio, G., Valensise, G. 1995. *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1980*, p. 973, Istituto Nazionale di Geofisica-Storia Geofisica Ambiente, Bologna.
- Brancucci, G., Burlando, M., Capizzi, L., Napoli, A. (1997). Attività estrattiva ed impatto sul territorio: tipologie di coltivazione e strumenti di tutela in Regione Liguria. *Professione Geologo*, Pegaso Ed., Lucca, 1, pp. 10-19.
- Brancucci, G., Canepa, G., Maifredi, P., Nosengo, S. (1982). Le paleofrane della Val Bisagno (Liguria Centrale). *Geologia Applicata e Idrogeologia*, XVII, pp. 35-51.
- Brancucci, G., Paliaga, G. (2005). Geomorphic characterization of the main drainage basins of maritime Liguria (Italy) – preliminary results. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, (suppl. VII), 59–67
- Brandolini, P., Canepa, G., Faccini, F., Robbiano, A., Terranova, R. (2007a). Geomorphological and geoenvironmental features of the Graveglia Valley (Ligurian Apennines). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30, pp. 99-116.
- Brandolini, P., Cevasco, A., Firpo, M., Robbiano, A., Sacchini, A. (2012). Geo-hydrological risk management for civil protection purposes in the urban area of Genoa (Liguria, NW Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 943–959. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-943-2012>
- Brandolini, P., Faccini, F., Paliaga, G., Piana, P. (2018a). Man-Made landforms identification and mapping in an highly urbanized historical centre on coastal-hilly Mediterranean environment. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 41(1), 23–34. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2018.41.2>
- Brandolini, P., Faccini, F., Robbiano, A., Terranova, R. (2007b). Geomorphological hazard and monitoring activity along the western rocky coast of the Portofino Promontory (Italy). *Quaternary International*, 171/172, pp. 131-142
- Brandolini, P., Fierro, G., Firpo, M., Piccazzo, M., Terranova, R. (1994). Esempi di interazione tra fattori naturali ed interventi antropici nell'evoluzione recente della fascia costiera ligure. *Studi Geografici in onore di Domenico Ruocco*, Loffredo Ed., Napoli, I, pp. 41-55.
- Brandolini, P., Ramella, A. (1994). Eventi alluvionali e dissesti idrogeologici: il caso della Val Varena (Liguria). In F. CITARELLA (a cura di), *Studi geografici in onore di DOMENICO RUOCCO*, Loffredo Ed., Napoli, 1994, 57-72.
- Brandolini, P., Ramella, A. (1998). Processi erosivi e fenomeni di dissesto su versanti terrazzati nelle valli genovesi. In M.G. Grillotti Di Giacomo (a cura di), *I valori dell'agricoltura nel tempo e nello spazio*. Atti del Convegno geografico internazionale (Rieti, 1995), Genova, Brigati, 1998, 839-854.

- Brandolini, P., Sbardella, P.: Caratterizzazione del reticolo idrografico del territorio comunale di Genova a seguito delle modificazioni antropiche, *Boll. Soc. Geogr. It.*, serie 12, 199–218, 2001.
- Brandolini, P., Spotorno, M., Terranova, R. Liguria. Rischio e degrado, in U. Leone (a cura di), *Rischio e degrado ambientale in Italia*, Bologna, Pàtron, 1998, pp. 143-172.
- Buzzi, A., Davolio, S., Malguzzi, P., Drofa, O., Mastrangelo, D. Heavy rainfall episodes over Liguria of autumn 2011: numerical forecasting experiments, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 1325-1340 (2014)
- Campbell, R.H. (1975). Soil Slip, debris flow and rainstorm in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 851, 51 pp., Washington.
- Capponi, G., Cattaneo, M., Merlanti, F. (1985). The Ligurian earthquake of February 23, 1887, in *Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes*, pp.100 – 103, ed. PostpischlD., CNR-PFG, Quaderni de la Ricerca Scientifica, 114 2A, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma
- Capponi, G., Crispini, L., Cortesogno, L., Gaggero, L., Firpo, M., Piccazzo, M., Cabella, R., Nosengo, S., Bonci, M. C., Vannucci, G., Piazza, M., Ramella, A., Perilli, N. (2008). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 213-230 Genova, Apat
- Capponi, G., Crispini, L. (2008). Note Illustrative del Foglio 213 - 230 "Genova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. FIRENZE, Apat - Regione Liguria – Selca
- Capponi, G., Gosso, G., Scambelluri, M., Siletto, G., Tallone, S. (1994a). Carta Geologico - Strutturale del settore centro meridionale del Gruppo di Voltri (Alpi Liguri) e note illustrative. *Boll. Soc. Geol. It.*, 113, 383-394
- Carobene, L., Firpo, M. (2002). Forme terrazzate relitte di genesi marina lungo la costa ligure tra Genova e Savona (Liguria occidentale). *Il Quaternario*, 15, pp. 53-68.
- Carobene, L., Firpo, M. (2006). Conservazione e valorizzazione dei geositi costieri in Liguria: l'esempio del tratto di costa tra Varazze e Cogoleto. In: Terranova R., Brandolini, P., Firpo, M. (eds.) - *La valorizzazione turistica dello spazio fisico come via alla salvaguardia ambientale*, Patron Ed., Bologna, pp. 87-102
- Cevasco, R. La fine della “naturalizzazione”: approccio storico e geografico ai problemi dell'abbandono dei sistemi colturali locali, in SCARAMPELLINI G., MASTROPIETRO E. (a cura di), *L'apporto della Geografia tra rivoluzioni e riforme*, Atti del XXXII congresso geografico italiano, Mimesis, Milano, 2014, pp. 363-374
- Chelli, A., Pappalardo, M. (2008). Geomorphological mapping, a basic tool for interpreting rock coasts landforms: an example from Eastern Liguria (Italy). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 3, 13-19.
- Chiarle, M., Deganutti, A., Moscariello, A. (1994). Morfogenesi di versante legata a eventi idrologici estremi in aree antropizzate: le frane del 22 e 27 settembre 1992 in Liguria. *Il Quaternario* 7(1), 397-402
- Chiesa, S., Cortesogno, L., Forcella, F., Galli, M., Messiga, B., Pasquare, G., Pedemonte, G. M., Piccardo, G. B., Rossi, P. M. Assetto strutturale ed interpretazione geodinamica del Gruppo di Voltri, *Boll. Soc. Geol. It.*, 94, 555–581, 1975.
- CityRailways: Urbanismi in Italia 2011, available at: www.cityrailways.net (last access: 30 November 2015), 2011
- Corradi, N., Piccazzo, M., Tucci, S., Ferrario, M., Cavallo, C., Rosso, F. (1994). Evoluzione delle spiagge nel tratto di costa compreso tra Varazze e Voltri (Liguria Occidentale). *Il Quaternario*, 7(1), 515–522

Corsi, B. (2003). Eventi tettonico-sedimentari del settore tra Chiavari e Genova Nervi nel quadro dell'evoluzione geodinamica del sistema Ligure Balearico e Tirrenico. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra, Università degli Studi di Genova

Corsi, B., Elter, F.M., Giammarino, S. (2001). Structural fabric of the Antola Unit (Riviera di Levante, Italy) and implications for its alpine versus apennine origin. *Ofioliti*, 26 (1): 1-8.

Cortesogno, L., Haccard, D. Note illustrative alla Carta geologica della zona Sestri – Voltaggio, Mem. Soc. Geol. It., 28, 115–150, 1984.

Crispini, L., Capponi, G. Tectonic evolution of the Voltri Group and Sestri Voltaggio Zone (southern limit of the NW Alps): a review, *Ofioliti*, 26, 161–164, 2001.

Crosta, G., Frattini, P. Rainfall thresholds for triggering soil slips and debris flow, Mediterranean Storms, Proc. EGS 2nd Plinius Conference, Siena, October 2000, 463–487, 2000

Cutroneo, L., Ferretti, G., Barani, S., Scafidi, D., De Leo, F., Besio, G., Capello, M. Near Real-Time Monitoring of Significant Sea Wave Height through Microseism Recordings: Analysis of an Exceptional Sea Storm Event. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9(3), 319; <https://doi.org/10.3390/jmse9030319>

Denza, F. (1887). Alcune notizie sul terremoto del 23 febbraio 1887. Torino.

Faccini, F., Giardino, M., Paliaga, G., Perotti, L., Brandolini, P. (2021). Urban geomorphology of Genoa old city (Italy), *Journal of Maps*, 17:4, 51-64, DOI: 10.1080/17445647.2020.1777214

Faccini, F., Giostrella, P., Melillo, M., Sacchini, A., Santangelo, M. (2017). Heavy rains triggering flash flood in urban environment: a case from Chiavari (Genoa metropolitan area, Italy). DOI: 10.4408/IJECE.2017-01. S-05

Faccini, F., Luino, F., Paliaga, G., Sacchini, A., Turconi, L. (2015). Flooding events and geomorphological evolution in the Bisagno catchment (Genoa, Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences*.

Faccini, F., Luino, F., Sacchini, A., Turconi, L., De Graff, J.V. (2015). Geohydrological hazards and urban development in the Mediterranean area: an example from Genoa (Liguria, Italy). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 2631–2652.

Faccini, F., Perasso, L., Poggi, F., Vernassa, A. (2010). Le aree carsiche della Liguria: un esempio di metodologia per la valorizzazione e la tutela della geodiversità. *EngHydroEnv Geology* 2010, 14, 71-82

Faccini, F., Piccazzo, M., Robbiano, A. (2009b). A deep-seated gravitational slope deformation in the Upper Bargonasco Valley (Ligurian Apennines). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 32, in press.

Faccini, F., Robbiano, A. (2006). Georisorse lapidee in Liguria: stato della pianificazione in rapporto alla sostenibilità ambientale delle attività estrattive. *GEAM*, 117, pp. 25-32.

Faccini, F., Roccati, A., Firpo, M. (2012). Geo-hiking map of Mt. Penna and Mt. Aiona area (Aveto Natural Park, Italy). *Journal of Maps*, 8(3), 293–303. doi:10.1080/17445647.2012.722404

Faccini, F., Vassalli, G., (2008). Geological hazard and abandoned waste management: the case of Genoa Municipality (Liguria, Italy). *GEAM*, 124, pp. 55-62.

Fanucci, F., Nosengo, S. (1977). Rapporti tra neotettonica e fenomeni morfogenetici del versante marittimo dell'Appennino Ligure e del margine continentale. *Bollettino Della Società Geologica Italiana*, 96(1-2), 41–51.

- Ferrando, A., Faccini, F., Paliaga, G., Coratza, P. (2023). Geosites and geological landscapes of Liguria (Italy), *Journal of Maps*, 19:1, 2145919, DOI: 10.1080/17445647.2022.2145919
- Ferrando, F., Faccini, F., Poggi, F., Coratza, P. (2021). Geosites Inventory in Liguria Region (Northern Italy): A Tool for Regional Geoconservation and Environmental Management. *Sustainability* 13(4), 2346; <https://doi.org/10.3390/su13042346>
- Ferrari, G. (1991). The 1887 Ligurian earthquake: a detailed study from contemporary scientific observations, *Tectonophysics*, 193, 131–139.
- Fiorucci, P., Gaetani, F., Minciardi, R. (2008). Regional partitioning for wildfire regime characterization. <https://doi.org/10.1029/2007JF000771>
- Gorziglia, G., Bottero, D., Poggi, F., Ratto, V. (2006). Analisi del dissesto da frana in Liguria. APAT, 978-88-448-0310-0
- Govi, M., Mortara, G., Sorzana, P.F. 1985. Eventi idrologici e frane. *Geol. Appl. Idrogeol.*, XX (2), 359-375.
- Guidoboni, E., Ferrari, G., Mariotti, D., Comastri, A., Tarabusi, G., Valensise, G. 2007. CFTI4MED, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV SGA, <http://storing.ingv.it/cfti4med/>.
- Hally, A., Caumont, O., Garrote, L., Richard, E., Weerts, A., Delogu, F., Fiori, E., Rebora, N., Parodi, A., Mihalovic, A., Ivkovic, M., Dekic, L., Van Verseveld, W., Nuissier, O., Ducrocq, V., D'Agostino, D., Galizia, A., Danovaro, E., Clematis, A. (2015). Hydrometeorological multi-model ensemble simulations of the 4 November 2011 flash flood event in Genoa, Italy, in the framework of the DRIHM project. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 537–555, 2015
- Intergovernmental Panel of Climatic Change (IPCC): Climate change 2007: the physical science basis, in: Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel of climatic change, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Avery, K. B., Tignor, M., and Miller, H. L., Fourth Assessment report Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 2007.
- Jakob, M., Lambert, S. Climate change effects on landslides along the south-west coast of British Columbia, *Geomorphology*, 107, 275–284, 2009.
- Kelsch, M., Caporali, E., Lanza, L. (2001). Hydrometeorology of flash floods, NATO Science Series, 77, 19-35
- Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*. Arnold, London. 978-0-340-66313-4
- Lanza, G. (2003). Flood hazard threat on cultural heritage in the town of Genoa (Italy). *Journal of Cultural Heritage* 4 159–167
- Littmann, T. An empirical classification of weather types in the Mediterranean basin and their interrelation with rainfall, *Theor. Appl. Climatol.*, 66, 161–171, 2000.
- Lucarini, M., Vizzini, G. (2020). Focus d. un caso di studio: la città di Genova e il dissesto idrogeologico. United nations, 978-88-448-1026-9
- Lucchetti, A., Brandolini, P., Faccini, F., Firpo, M. (2014). Proposta di valutazione della stabilità delle coste rocciose (SCMR – Sea Cliff Mass Rating): il caso studio delle falesie tra Genova e Camogli (Liguria orientale). *Studi costieri* 2014 - 22: 145 - 157

- Luino, F. Sequence of instability processes triggered by heavy rainfall in the northern Italy, *Geomorphology*, 66, 13–39, 2005.
- Maifredi, P. (1986). Le Grotte di Isoverde. Studi e Ricerche, cultura del territorio, Museo di Paleontologia e Mineralogia del Comune di Campomorone, 3, 83-97
- Maifredi, P., Nosengo, S. (1975). Importanza delle paleofrane nel campo della geologia applicata. *Geologia Tecnica*, Anno XXII, 3, pp. 130-138.
- Maifredi, P., Ribaldone, G.B. (1959). Esplorazione di una nuova cavità a pozzo nei dintorni di Genova: il Buranco de Strie. *Rassegna Speleologica Italiana*, SSI, Como, 4, 226-229.
- Mandarino, A., Brandolini, P., Terrone, M., Faccini, F. (2024). Effects of urbanization on river morphology in a Mediterranean coastal city (Genova, Italy). *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, Sage. <https://doi.org/10.1177/03091333241285538>
- Marini, M. (1981). Analisi geologico-strutturale ed interpretazione paleogeografica e tettonogenetica dei Calcari del M. Antola (Appennino Ligure). *Ofioliti*, 6: 119-150
- Mastronuzzi, G., Aringoli, D., Aucelli, P. P., Baldassarre, M. A., Bellotti, P., Bini, M., Biolchi, S., Bontempi, S., Brandolini, P., Chelli, A., Davoli, L., Deiana, G., De Muro, S., Devoto, S., Di Paola, G., Donadio, C., Fago, P., Ferrari, M., Furlani, S., ... Valente, A. (2017). Geomorphological map of the Italian coast: From a descriptive to a morphodynamic approach. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 40(2), 161–196. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2017.40.11>
- Medatlas Group. Wind and Wave Atlas of the Mediterranean Sea, W.E.A.O. Research Cell, 2004
- Moreno, D., Cevasco, R., Pescini, V., Gabellieri, N. The Archeology of Woodland Ecology: Reconstructing Past Woodmanship Practices of Wooded Pasture Systems in Italy, in Alvarez F.A., Gomez-Mediavilla G., Lopez-Estebanez N. (a cura di), *Silvicultures: Management and Conservation*, Intechopen, London, 2019.
- Paliaga, G., Faccini, F., Luino, F., Turconi, L., Bobrowsky, P. (2019c). Geomorphic processes and risk related to a large landslide dam in a highly urbanized Mediterranean catchment (Genova, Italy). *Geomorphology*, 327, 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.10.020>
- Paliaga, G., Luino, F., Turconi, L., De Graff, J. V., Faccini, F. (2020). Terraced landscapes on Portofino promontory (Italy): Identification, geo-hydrological hazard and management. *Water*, 12(2), 435. <https://doi.org/10.3390/w12020435>
- Palla, A., Colli, M., Candela, A., Aronica, G. T., Lanza, L. G. (2018). Pluvial flooding in urban areas: The role of surface drainage efficiency. *Journal of Flood Risk Management*, 11, 663–676. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12246>
- Piana, P., Mangano, S. (2020). Nuove spazialità ai tempi del covid-19: il caso di Genova. DOI:10.19246/DOCUGEO2281-7549/202001_42
- Piccazzo, M., Firpo, M. (1992). Assetto morfologico e tendenza evolutiva delle coste liguri. *Atti del XXVI Congresso Geografico Italiano*, Genova, pp. 378-383.
- Quaini, M. *Tra Geografia e Storia. Un itinerario nella geografia umana*, Cacucci editore, Bari, 1992.
- Rosso, R., Rulli, M.C. (2002). An integrated simulation method for flash-flood risk assessment: 1. Frequency predictions in the Bisagno River by combining stochastic and deterministic methods. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(2), 267–283

- Russo, G., Sacchini, A., (1994). Brief survey on recurrences of extreme rainfalls in Genoa, Italy. *Idojaras* 98, 251-260
- Sanfilippo, N. (1950). Le Grotte della Provincia di Genova e la loro fauna. Mem. Comit. Sc. Centr. CAI, Genova, 2, 1-92.
- Silvestro, F., Gabellani, S., Giannoni, F., Parodi, A., Rebora, N., Rudari, R., Siccardi, F. (2012). A hydrological analysis of the 4 November 2011 event in Genoa. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 2743–2752, 2012
- Sunamura T. (1992). *Geomorphology of Rocky Coasts*. J. Wiley & Sons Ed., Chichester, U.K. 302 pp.
- Surian, N., Rinaldi, M. (2003). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50, 307–326.
- Traldi, C. La strategia dell'abbandono nel nuovo piano urbanistico comunale di Genova, in Scaramellini, G, Mastropietro, E. (a cura di). *L'apporto della Geografia tra rivoluzioni e riforme*, Atti del XXXII congresso geografico italiano, Mimesis, Milano, 2014, pp. 469-477
- Tinti, S., Vittori, T., Mulargia, F. (1987). On the macroseismic magnitudes of the largest Italian earthquakes, *Tectonophysics*, 138, 159–178.
- Trigo, I.F.; Davies, T.D.; Bigg, G.R. Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region. *J. Clim.* 1999, 12, 1685–1696
- Varnes D.J. (1978). Slope movement types and processes. In: Schuster R.J. & Krizek: *Landslides analysis and control*. Transportation Research Board, Special Report 176, National Academy of Science, Washington D.C., 12-33.
- Varotto, M. *Montagne del Novecento: il volto della modernità nelle Alpi e Prealpi venete*, Cierre edizioni, Verona, 2017

9. Sitografia

Arpal, Rapporto di evento meteo idrologico del 27-30/10/2018: https://www.arpal.liguria.it/contenuti_statici/pubblicazioni/rapporti_eventi/2018/REM_20181027-30_rossaBCDE_vers20210608.pdf

Arpal, Rapporto di evento meteo idrologico del 15/11/2014: https://www.arpal.liguria.it/contenuti_statici/pubblicazioni/rapporti_eventi/2014/REM_20141115_a_lluvione-Polcevera_vers20150325.pdf

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (2020). *Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – Relazione generale*: https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=3112

Autorità di Bacino regionale, Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Cerusa, ambiti 12-13: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/ambiti12e13/ambiti12e13.html>

Autorità di Bacino regionale, Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Branega, ambiti 12-13: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/branega/branega.html>

Autorità di Bacino regionale, Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente San Pietro, ambiti 12-13: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/spietro/spietro.html>

Autorità di Bacino regionale, Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Varenna, ambiti 12-13: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/varenna/varenna.html>

Autorità di Bacino regionale, Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Chiaravagna, ambiti 12-13: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/chiaravagna/chiaravagna.html>

Autorità di Bacino regionale (2017a), Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Polcevera, ambiti 12-13: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/polcevera/polcevera.html>

Autorità di Bacino regionale (2017b), Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Bisagno, ambiti 12-13: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/bisagno/bisagno.html>

Autorità di Bacino regionale, Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Sturla, ambito 14: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/ambito14/ambito14.html>

Autorità di Bacino regionale, Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico del torrente Nervi, ambito 14: <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/ambito14/ambito14.html>

Catasto Speleologico Ligure, (s.d.) *Catasto delle cavità naturali della Regione Liguria*, Regione Liguria: https://www.catastogrotte.net/liguria/it/caves/?page=1&nv_areas=GE34%2CGE34

Cortesogno L. e Haccard D. (1984) – Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio. Mem. Soc. Geol. It., 28, 115-150: https://www.pconti.net/egeo_results.php?id=cgsv001

Geoportale regione Liguria. Uso del suolo e tipi forestali: <https://geoportal.regione.liguria.it/progetti/uso-del-suolo-e-tipi-forestali.html>

Organizzazione Meteorologica Mondiale: <https://wmo.int/>

Piano Urbanistico Comunale, 2015.

Regione Liguria (2021). *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)*:
<https://www.regione.liguria.it/homepage-ambiente/cosa-cerchi/territorio/direttiva-alluvioni/piano-di-gestione-e-rischio-alluvione.html>

Regione Liguria, (2024). *Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi*. Regione Liguria: <file:///C:/Users/HP/Desktop/TESI/i3ncendi%20genova%20e%20non.pdf>

10. Appendici

Di seguito vengono riportati i dati completi relativi al censimento dei maggiori rischi naturali che vanno a integrare le descrizioni presenti nel capitolo 6:



censimento frane.xlsx



censimento
inondazioni.xlsx



censimento
incendi.xlsx



censimento
mareggiate.xlsx



censimento sismi.xlsx